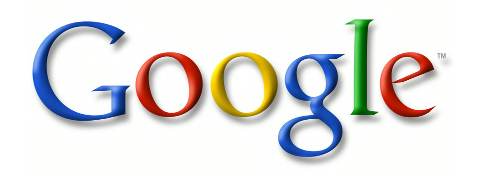
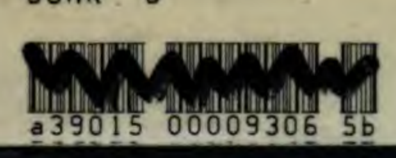
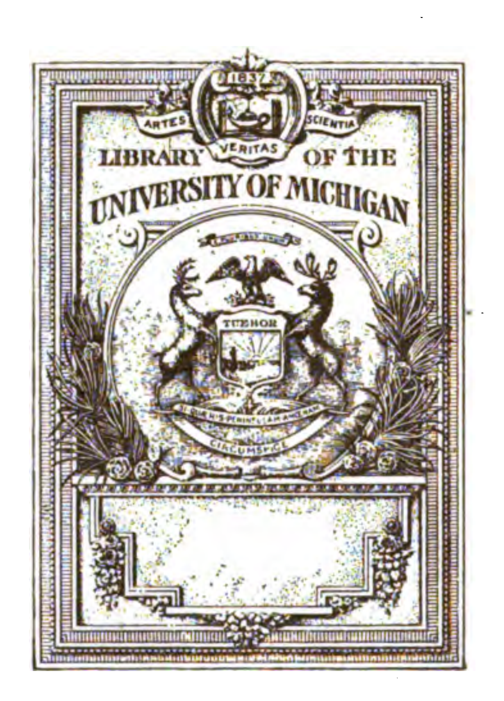
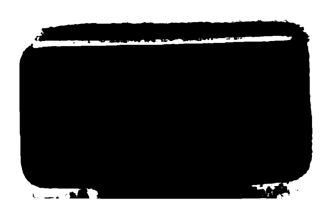


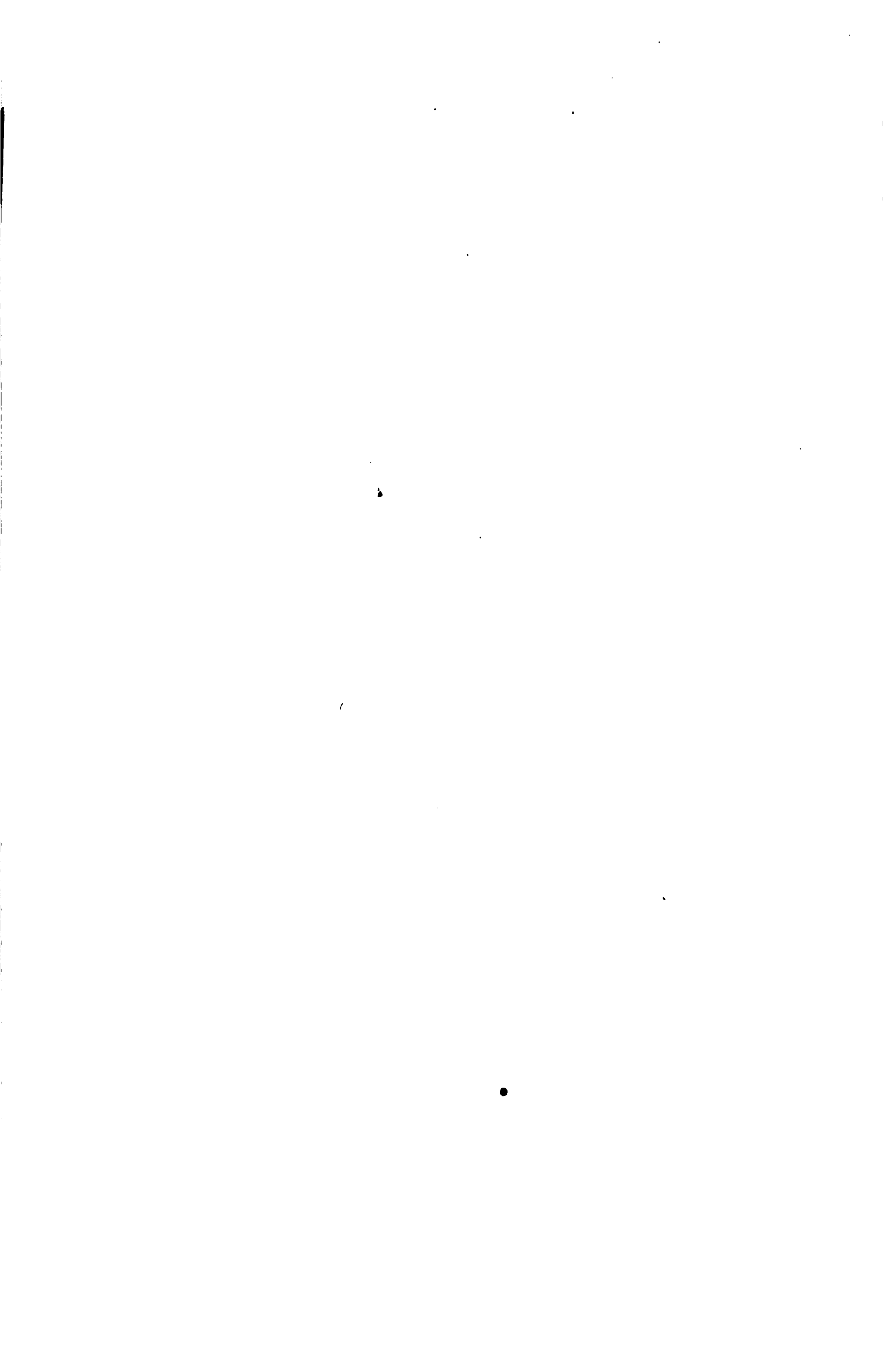


Eduard Rübel

Geobotanische Untersuchungsmethoden


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
CIRCUMSPICE





Geobotanische Untersuchungsmethoden

Von

Dr. Eduard Rübel
Privatdozent an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich

Mit 69 Textfiguren und 1 Tafel

Berlin
Verlag von Gebrüder Borntraeger
W 35 Schöneberger Ufer 12 a
1922

Druck von E. Buchbinder (H. Duske) in Neuruppin

Vorwort

Als ich mich zur vegetationsmonographischen Bearbeitung des Berninagebietes im Engadin entschloß, genoß ich in weitgehendem Maße der ausgezeichneten Ratschläge meines Freundes und Lehrers Prof. Dr. C. Schröter. Auf seine Anregung hin wurden viele meteorologischen Apparate angeschafft, auf dem Hospiz aufgestellt und beobachtet, ferner Literatur studiert und Vegetationsaufnahmen gemacht. Doch eine eigentliche systematische Einführung in die Art der Untersuchung der Vegetation gab es damals nicht, vieles wurde angefangen, das bei zunehmender Erfahrung wesentlich geändert werden mußte, viele Aufnahmen des ersten Jahres wurden später nicht berücksichtigt, da wichtige Gesichtspunkte noch mangelten. Ich wünschte damals, es hätte eine Vorlesung über Untersuchungsmethoden gegeben. 1905 kam das viel bietende Buch von Clements, Research methods in ecology, heraus, in manchen Beziehungen war es sehr eingehend, in andern bot es nicht das, was für unsere Verhältnisse notwendig gewesen wäre.

Wie ich mich zur Habilitation entschloß, machte ich mich, weil ich selber seinerzeit den Mangel einer solchen Vorlesung empfunden hatte, zuerst an die Ausarbeitung von Untersuchungsmethoden, teils auf den Erfahrungen der eigenen Untersuchungen und der meiner Kollegen und des Gedankenaustausches mit Forschern in verschiedenen Ländern fußend, teils naturgemäß auf der Literatur.

Zufällig erhielt ich zur selben Zeit, als ich damit begann, vom Verlag die Aufforderung, solche Untersuchungsmethoden zu schreiben, was mir natürlich sehr zusagte. Ich konnte einerseits von Anfang an die Vorlesung im Hinblick auf die Veröffentlichung ausarbeiten, anderseits die praktischen Erfahrungen der Stoffdurchnahme mit den Studierenden wieder für das Buch verwenden. Jede Wiederholung

der Vorlesung brachte wesentliche Erweiterungen und Verbesserungen.

In diesem Gebiete arbeiten heute so viele Forscher und es ist in rascher Ausbreitung begriffen, daher fällt es schwer abzuschließen, fast jeder Tag bringt neues, das man noch gern mitverwerten möchte, doch ist ein Markieren des jetzigen Standes nützlich.

Die Abgrenzung des Gebietes ist recht schwierig. Auf allen Seiten geht es in Nachbarwissenschaften über; es galt also Beschränkung zu üben. Beim Trachten nach einer gewissen Vollständigkeit sollen doch die Grenzen nicht überschritten werden gegenüber Meteorologie, Physik, Physiologie, Bodenkunde, Mineralogie: Bei den ökologischen Untersuchungen soll sich die Beschreibung auf ökologisch botanisch Wichtiges beschränken, es sollen nicht rein physiologische Methoden gegeben werden, es soll auch keiner Bodenkunde oder Klimatologie Konkurrenz gemacht werden und nicht ins Physikalische übergegriffen werden. Anderseits sollten nicht nur Apparate beschrieben werden, sondern an Resultaten, die damit erreicht wurden, ihre Vorteile, ihre Wichtigkeit, ihr Nutzen dargetan werden, ferner Hinweise gegeben, was noch erreicht werden sollte. Viele Einflüsse werden besser mit dem bloßen Verstand als mit Instrumenten untersucht (z. B. bei anthropogenen Faktoren), auch die Mitteilung solcher Beobachtungen können anregend wirken.

Ich gebe nur eine Auswahl von Apparaten, die mir nützlich erschienen; es ist eine solch unübersehbare Fülle schon beschrieben worden, Apparate, die oft nie ausgeführt oder erprobt worden sind, so daß sie dem angehenden Forscher nur verwirrend statt klärend erscheinen würden. Auch betreffend Literaturangaben habe ich mich auf das Nötigste beschränkt (es sind doch noch über 200 geworden) und die Zitate jeweilen an Ort und Stelle angeführt zur Bequemlichkeit des Lesers.

Für die bildliche Darstellung der Apparate (der Figuren 1—69) freue ich mich, in meinem jungen Freunde und Hörer cand. forest. Arthur Uehlinger einen vorzüglichen Zeichner gefunden zu haben, dem ich für die schöne mit Verständnis, Interesse und Liebe ausgeführte Arbeit herzlich danke.

Als Angehöriger eines neutralen Landes genoß ich den großen Vorteil, während des Krieges stets in Verbindung mit den Forschern aller Länder bleiben zu können, ihre Arbeiten zu erhalten und

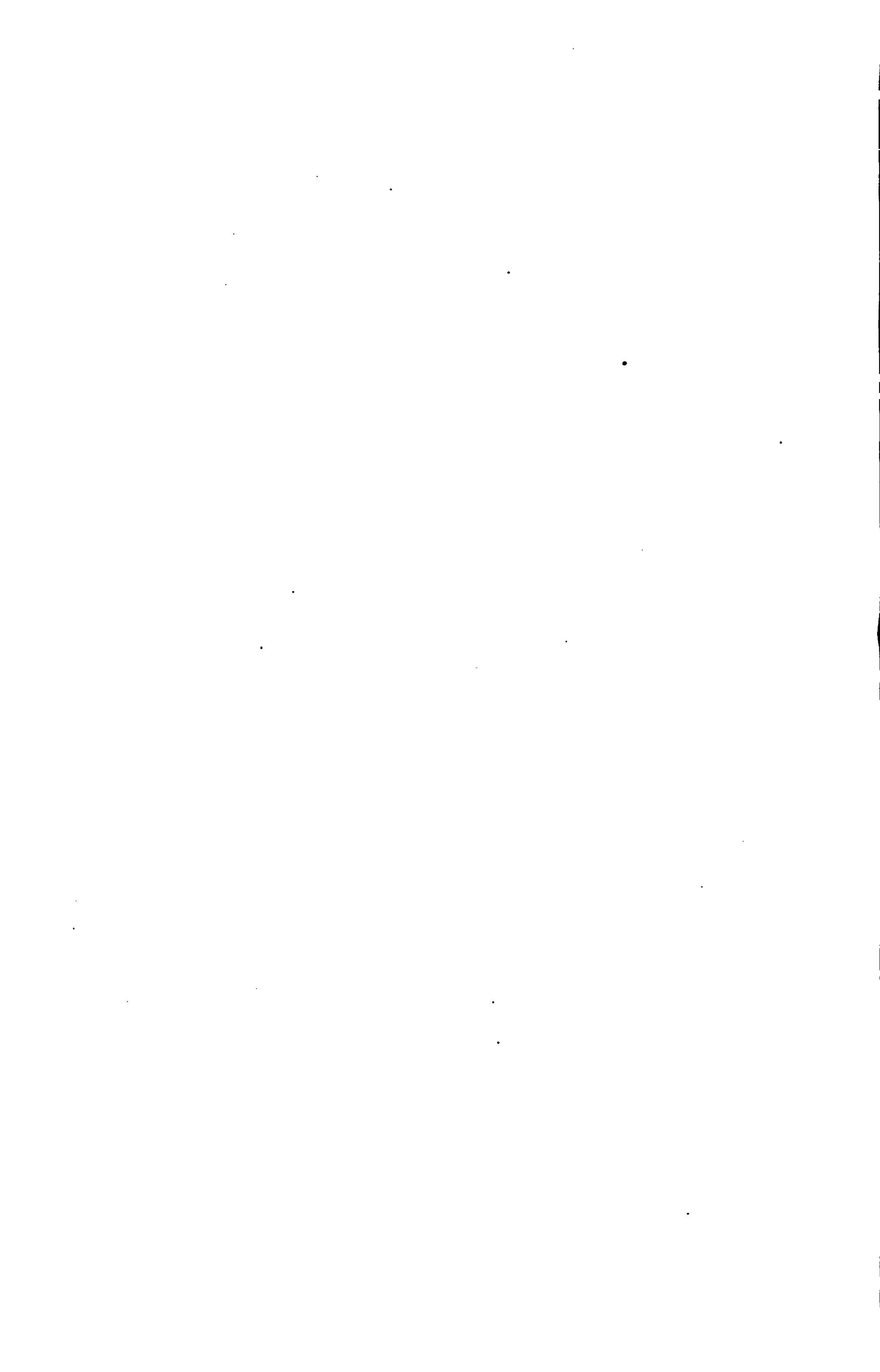
verwerten zu können. So dürfte dies Buch manchem etwas aus in letzter Zeit unzugänglicher Literatur bieten und wie ich hoffe zu Anknüpfungen dienen. Es soll jeder sein Vaterland lieben, aber die Wissenschaft und besonders die Naturerkenntnis soll keine Landesgrenzen kennen.

Ein solches Buch ist naturgemäß stets unvollkommen, stets nur ein Versuch mit Lücken und Mängeln. Es wird mich freuen, wenn die Leser mir an der Vervollkommnung helfen wollen durch Mitteilung dessen, was ihnen daran zu fehlen scheint.

„Geobotanisches Institut Rübel"
Zürichbergstraße 30

Zürich, den 28. Februar 1921

Dr. Eduard Rübel



Inhaltsverzeichnis

Einleitung

Die Geobotanik behandelt die Pflanzen in ihren Beziehungen zur Umwelt, zur Erde, der Gaea. Die Umwelt wirkt in verschiedenen Richtungen, es ergeben sich verschiedene Probleme, vor allem drei große Problemkomplexe, nach denen wir die Geobotanik in drei Teile teilen können.

1. Das Raumproblem. Wie sind die Pflanzen auf der Erde verteilt? Diese geographische Frage war die erste, die gestellt wurde. Sie wird behandelt in der Pflanzengeographie sensu str. oder chorologischen Geobotanik (auch oft floristische Pflanzengeographie genannt).

2. Das Standortsproblem. Wie verhalten sich die Pflanzen zu ihrem Standort? Unter Standort verstehen wir die Gesamtheit der an einer bestimmten Örtlichkeit auf die Pflanzenwelt wirkenden Einflüsse. Es sind dies klimatische Einflüsse, wie Temperatur, Licht, Feuchtigkeit, Wind usw., Bodeneinflüsse, wie Wassergehalt, Nährstoffgehalt, Kalkgehalt usw., Einflüsse anderer Wesen, Wettbewerb mit anderen Pflanzen um den Raum im Boden und über dem Boden, Einwirken durch Mähen, Weiden, Düngen. Alle diese Einflüsse fassen wir als Standort zusammen. Das Verhalten der Pflanzen zu diesen ökologischen Faktoren bildet ihren Oikos, ihren Haushalt, der studiert wird in der ökologischen Geobotanik.

3. Das Veränderungsproblem. Wie verhalten sich die Pflanzen zu den Veränderungen der Erde in der Zeit und wie verändern sie sich selbst. Dies ist die Pflanzengeschichte oder historische oder geogenetische sowie die phylogenetische Geobotanik. Diese genetische Geobotanik wird auch als entwicklungsgeschichtliche oder epiontologische Geobotanik bezeichnet.

Das sind die Hauptprobleme der Geobotanik, aber was ist der Gegenstand der Forschung? Bisher haben wir als Gegenstand der Untersuchung von den Pflanzen gesprochen. Es ist nun klar, daß

dabei nicht das konkrete Individuum gemeint ist, sondern die abstrakte Sippe, in erster Linie die Art. Wir verfolgen das Vorkommen der Art auf der Erde, studieren den Haushalt der Art usw. Die Untersuchungen werden auch auf Sippen höheren Ranges wie die Gattung, die Familie ausgedehnt. Die Gegenstände, die nach den botanischen Fragen behandelt werden, sind also durch die Sippensystematik erkannte Einheiten. Es gibt aber auch noch ganz andere Einheiten. Vergleichen wir erst einmal mit der Wissenschaft vom Menschen. Da behandeln wir in der Anthropologie die Gestalt des Menschen, seine Verteilung, Anpassung usw. Daneben haben wir aber eine Soziologie, deren Forschungsgegenstände gesellige Einheiten bilden, Völkerstämme, Staaten. Die Lehre von den menschlichen Gesellschaften besteht ganz für sich neben der Lehre vom Einzelmenschen, da es zwei verschiedene Gegenstände, Einheiten verschiedener Natur sind, die der Forschung unterliegen. Ganz ähnlich liegt der Fall bei der Botanik. Auch dort gibt es bestimmte gesellige Einheiten, die Pflanzengesellschaften, die gewissermaßen zusammengesetzte Organismen bilden, die ihren eigenen Gesetzen folgen, sich sozusagen zu besserem Gedeihen zusammengetan haben. Unter bestimmten Klima- und Bodeneinflüssen, bestimmten Wettbewerbsverhältnissen und Einwanderungsmöglichkeiten finden sich Gruppen von Pflanzen in bestimmten Mengenverhältnissen, in bestimmten Lebensformen stets wieder zusammen, die als wohl umschriebene Forschungsgegenstände zu bezeichnen sind. Wir haben also in der Botanik neben der Einzelpflanzenlehre eine Gesellschaftslehre, eine Pflanzensoziologie [1]), eine pflanzliche Nationalökonomie.

Wie verhält sich nun diese Gesellschaftslehre zur Geobotanik? Zum Begriff einer Gesellschaft gehört als unerläßlicher Bestandteil das Milieu, der Haushalt; der Haushalt der Pflanzengesellschaft ist durch die Umwelt bedingt, durch Klima, Boden, usw. Es besteht also stets eine Verbindung mit der Erde, somit können wir die gesamte Gesellschaftslehre als Bestandteil der Geobotanik ansprechen. Daß das Haushaltliche hervorspringend wichtig ist, zeigt sich auch darin, daß die Pflanzensoziologie aus der ökologischen Geobotanik herausgeboren wurde. Die Syökologie ist sozusagen das Jugendstadium der Soziologie. In der Soziologie können wir natürlich wieder in die Teildisziplinen scheiden nach

[1]) Eduard Rübel, Die Entwicklung der Pflanzensoziologie. Vierteljahrsschrift der Naturf.-Ges. Zürich, 65, 1920, S. 573—604.

den Hauptproblemen. Wir haben nach Raumproblem, Standortsproblem und Veränderungsproblem eine chorologische, eine ökologische und eine genetische Soziologie. Während wir aber bei der Einzelpflanzenlehre die Teildisziplinen Morphologie, Physiologie und Systematik als außerhalb der Geobotanik stehend gekennzeichnet haben, so liegt wie gesagt die ganze Pflanzensoziologie innerhalb der Geobotanik, wir haben also auch von einer Gesellschafts-Morphologie, Gesellschafts-Systematik usw. zu sprechen.

Kurz zusammengefaßt spricht man in der Geobotanik von der Erforschung der Vegetation, wenn man die Pflanzengesellschaften studiert und von der Erforschung der Flora, wenn man die Einzelpflanzen geobotanisch behandelt, dies die zwei großen Teile der Geobotanik nach dem Forschungsgegenstand.

Die Forschungsziele der großen Abteilungen kann man etwa folgendermaßen kennzeichnen:

I. Florenforschung. Die Geobotanik der Sippe

1. Chorologische Florenforschung, autochorologische Geobotanik, die Aufgaben des Studiums des Raumproblems der Flora. Hierzu gehört auch, was man Floristik nennt. Geht man vom Objekt, der Pflanzensippe aus, so unterscheidet man das Vorkommen jeder Pflanzenart, jeder Varietät, jeder Gattung usw., bestimmt ihr Verbreitungsgebiet, woraus sich das geographische Element ergibt. Man sucht herauszufinden, wie die Pflanze zu ihrem Wohnsitz gekommen ist, ob und wie sie eingewandert ist, also das Einwanderungselement. Geht man vom Raumproblem aus, so untersucht man, welche Pflanzen in einem bestimmten größeren oder kleineren Raum, einem Gebiet, Bezirk, Land usw. vorkommen, man sammelt und notiert alle Pflanzen, stellt also die Florenliste auf. Für einen Großteil der Gefäßpflanzensippen konnte das Gebiet wenigstens in Mitteleuropa ziemlich genau festgestellt werden, auf vielen Reisen einigermaßen auch in den übrigen Erdteilen, doch kann dasselbe nicht von den niedrigen Pflanzen gesagt werden; dazu ergeben sich aus den Systematikstudien immer wieder neue, bisher unerkannte Sippen, deren Verbreitung wieder erforscht werden muß. Auf Grund dieser Listen kann man eine Statistik der Anteile der Gattungen oder Familien an einem Gebiete aufstellen, die Gebiete nach diesen Anteilen miteinander vergleichen. Man findet, daß gewisse Länderstrecken auf Grund der

Florenliste zusammengehören, miteinander floristisch verwandt sind, die einen näher, die andern weiter; man lernt dadurch die Erde einteilen in Florenreiche, diese in Florengebiete, diese wieder in Provinzen, in Unterprovinzen.

2. Ökologische Florenforschung, autökologische Geobotanik, die Aufgaben des Studiums des Standortsproblems der Sippen. Die autökologische Geobotanik sucht den Standort der Pflanze zu ergründen; zuerst wie die Pflanze sich den Standort erwirbt, also ihre Verbreitungsmittel. Man findet anemochore, zoochore, anthropochore Verbreitung, ferner vegetative Verbreitung usw. Dann muß die Pflanze am Standort leben können, ihm angepaßt sein; man studiert also die Photomorphosen, die Barymorphosen usw., überhaupt die ganze weitschichtige Anpassungslehre, sei es teleologisch, sei es kausalmechanisch. Man erhält Gruppen wie die Xerophyten, Hydrophyten, Halophyten usw.

3. Genetische Florenforschung, autogenetische Geobotanik, die Aufgaben des Studiums des Veränderungsproblems der Sippen. Von der Veränderung der Pflanze ausgehend studiert man systematisch entwicklungsgeschichtlich, wie durch die Verteilung in Raum und Zeit z. B. aus der Grundform einer Gattung die einzelnen Arten und Varietäten sich herausgebildet und verbreitet haben. Von der Erdveränderung ausgehend ist zu versuchen, die Entwicklung der Flora durch die geologischen Perioden zu verfolgen, Aussterben und Neuauftreten zu erkennen, sei es an einem einzelnen Ort, sei es in Verbindung mit dem Raumproblem in den verschiedenen Gebieten der Erde mit Wechselwirkungen, Bestimmung der Einwanderung (historisches Element) und Entstehung in bestimmtem Erdstrich (genetisches Element).

Die Veränderungen der Art brauchen stets Zeit, und in der Zeit finden stets Veränderungen statt. Je nachdem man das Hauptgewicht auf das Zeitproblem oder auf das Veränderungsproblem verlegt, kann man dieses Wissensgebiet noch in zwei Unterabteilungen zerlegen: in die eigentliche Florengeschichte, die autochronologische Geobotanik und in die eigentliche Entwicklungsgeschichte der Pflanzensippen oder die auto(phylo)genetische Geobotanik im engern Sinn.

Die verschiedenen Probleme treten aber nicht nur allein auf, sondern sie können sich kombinieren. So gibt es in der historischen Betrachtung der tertiären Pflanzen, der Diluvialpflanzen wiederum ein Raumproblem und ein Standortsproblem, denn, behandeln wir

auch die Pflanzen des Diluviums oder des Tertiärs, weil sie in der Genese der Erde zurückliegen, in der genetischen Geobotanik, so gibt es doch wieder eine chorologische Geobotanik des Diluviums, eine ökologische Geobotanik des Diluviums usw.

II. Vegetationsforschung. Pflanzensoziologie

4. Chorologische Soziologie oder Vegetationsforschung, synchorologische Geobotanik, die Aufgaben des Studiums des Raumproblems der Pflanzengesellschaften. Um das Raumproblem der Pflanzengesellschaften zu studieren, muß man die Pflanzengesellschaften zuerst selber kennen lernen, ihre floristische Zusammensetzung, die Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile, die größere oder geringere Konstanz, mit der sich ein Bestandteil in der Gesellschaft vorfindet, ferner ob er nur in dieser oder auch in andern Gesellschaften vorkommt, ob er also mehr oder weniger charakteristisch für sie ist. Dies kann man als Gesellschaftsmorphologie zusammenfassen und wie weiter unten erwähnt als eigene Abteilung behandeln.

Man verfolgt nun diese Gesellschaft durch alle Länder, um ihre Verbreitung herauszufinden. Dabei ergeben sich stets Veränderungen. Diese Forschung ist zurzeit noch in den Anfängen. Soviel auch schon daran gearbeitet wurde, so findet man in der großen Übersicht über die Verbreitung der Pflanzengesellschaften, in Eug. Warmings Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie (3. Aufl. von Warming und Graebner, Berlin 1914—18), fast auf jeder Seite noch Anregungen zu Vervollständigungen. Häufiger sind die sog. Monographien, die für ein bestimmtes, meist kleines Gebiet, also vom Raum ausgehend, die darauf vorkommenden Pflanzengesellschaften untersuchen; doch was will sagen „häufig“: es sind auf der Erdkarte erst ein paar winzige Pünktchen, die in diesem Sinne bearbeitet sind.

5. Ökologische Soziologie oder Vegetationsforschung, synökologische Geobotanik, die Aufgaben des Studiums des Standortsproblems der Pflanzengesellschaften. Die Ökologie der Pflanzengesellschaften ist noch weitschichtiger und braucht umfassende Kenntnisse. Eigene Wissenschaften sogar bilden innerhalb dieses Problems die angewandte Ökologie eines einzelnen Gesellschaftstypus, des Waldes, das ist die Forstwissenschaft, ferner die angewandte Ökologie der Wiese, das ist der Futterbau der Land-

wirtschaft. Vom Standort ist das Klima zu studieren, die Schatten- und Sonnentemperaturen, die Sonnenscheindauer eines Ortes, die Lichtverhältnisse vermittelst Photometer, Spektroskopen usw., die Niederschlagsverhältnisse, die Feuchtigkeitsverhältnisse mit Atmometern, Evaporimetern usw., die Windrichtungen, Windstärken, die orographischen Faktoren wie Expositions- und Neigungsverhältnisse, die Bodenfaktoren wie physikalische und chemische Zusammensetzung, Bodentemperatur, Bodenfeuchtigkeit, die Gesteine und ihre Zerfallsprodukte, ferner die biotischen Faktoren wie Wurzelwettbewerb, Wuchsortwettbewerb, Blattwettbewerb, die Einflüsse von Weiden, Düngen, Mähen, Roden, Schwenden, den Einfluß alter wie moderner Kultur, wie die Gesellschaften durch Begünstigung durch den Menschen sich erhalten haben oder verschwunden sind. Die Sitten und Bräuche erhielten viele Pflanzen, verbreiteten sie. Der Wechsel von Breinahrung zu Fladennahrung, zu Brotnahrung, das Aufgeben der Eichelmast und vieles andere haben auch die Pfanzengesellschaften verändert. Neben dem Studium der einzelnen Faktoren muß besonders deren Gesamtwirkung untersucht werden, die einzelnen können sich gegenseitig ersetzen und aus verschiedenen Komponenten eine ähnliche Wirkung erzielen. Das Klima wirkt durch seinen Gesamtcharakter. In den vegetativen Organen drücken sich die Faktoren als ökologische Lebensformen aus, die noch eingehendes Studium verlangen. Alle diese Standortforschungen können allein betrieben werden, ein interessantes Bild öffnet sich aber, wenn das Raumproblem damit vereinigt wird, der Vergleich der Standorte, d. h. aller besprochenen Faktoren von Gebiet zu Gebiet, von Land zu Land, in verschiedenen Höhenlagen, die Zusammenfassung zusammengehöriger Pflanzengesellschaften auf der ganzen Erde und ihre Erfassung in ihren Verwandtschaftsverhältnissen und in ihrem Wesen, aus dem dann auch ein übersichtliches natürliches System sich ergeben sollte; diese Folgerungen bilden dann eine eigene Forschungsabteilung, die Gesellschaftssystematik.

6. Genetische Soziologie oder Vegetationsforschung, syngenetische Geobotanik, Sukzessionslehre, die Aufgaben des Studiums des Veränderungsproblems der Pflanzengesellschaften. Es folgt die genetische Vegetationsforschung, die auch von zwei verschiedenen Seiten zu betrachten ist. Von den Veränderungen der Pflanzengesellschaften ausgehend, studiert man die verändert wirkenden Faktoren und das Resultat ihrer Wirkung; sind sie

biotischer Natur, so erhält man die biotischen Sukzessionen; bestehen sie in Erosion und Alluvion, nennt man sie nach Cowles topographische Sukzessionen; sind sie durch Klimawechsel geologischer Perioden bedingt, heißen sie klimatische Sukzessionen.

Von den Veränderungen in der Zeit ausgehend sind die Pflanzengesellschaften in den verschiedenen Erdperioden zu studieren, ein Forschungsgebiet, das bisher noch kaum in Angriff genommen worden ist.

Auch hier kann man wiederum das Zeitproblem in den Vordergrund stellen und synchronologische Geobotanik treiben, oder man betrachtet hauptsächlich das Veränderungsproblem, das ergibt den Formationswandel, die Sukzessionsforschung oder syngenetische Geobotanik im engern Sinn.

Zu diesen großen Problemkomplexen kommt nun noch die Gesellschaftsmorphologie und die Gesellschaftssystematik[1]). Wie man bei der Einzelpflanze die Stellung ihrer Organe verfolgt, so ist bei der Gesellschaft die Stellung der sie zusammensetzenden Teile, der Pflanzenarten innerhalb der Gesellschaft zu studieren, das soziale oder vereinzelte Vorkommen derselben, die Mengenverhältnisse, in denen sie an der Gesellschaft teilnehmen, die Konstanz, mit der sie in einer Gesellschaft vorkommen usw. Die Morphologie muß also die Gesellschaft qualitativ und quantitativ untersuchen. Viele dieser Fragen sind bisher teils im Raumproblem, teils im Standortproblem mitbetrachtet worden; es scheint mir logischer, sie davon zu trennen und als Gesellschaftsmorphologie zu bezeichnen[2]).

Unsere Hauptaufgabe ist die Untersuchung der Pflanzengesellschaften, aber auch die Ökologie und Verbreitung der Einzelart gehört dazu. Im Feld anwendbare Untersuchungsmethoden braucht man in erster Linie für die ganze Ökologie, also die Standorts-

[1]) Die Gesellschaftssystematik ist nicht in den Untersuchungsmethoden zu behandeln. Sie bildet die Synthese auf Grund der untersuchten Gesellschaften. Wenn die Gesellschaften bekannt sind, kann auf Grund ihrer Verwandtschaftsverhältnisse ein Gesellschaftssystem aufgebaut werden. Wir haben schon eine ganze Reihe Systeme, die auf unsern jetzigen unvollkommenen Kenntnissen der Pflanzengesellschaften beruhen. Diese werden mit den weiteren genauen Untersuchungen noch stets Verbesserungen erfahren.

[2]) Eduard Rübel, Über die Entwicklung der Gesellschaftsmorphologie, Mitteilungen aus dem geobotanischen Institut Rübel in Zürich. Journal of Ecology, 8, 1920, S. 18—40.

bedingungen der Art wie der Gesellschaft, dies soll im ersten Teil dargelegt worden. Im zweiten Teil folgt die Untersuchung der Pflanzenbestände, die Morphologie der Gesellschaften, ferner ihre Begrenzung, ihre Verteilung, ihre Wandlungen und Kartierung.

I. Die Standortsfaktoren und ihre Messung

Übersicht über die Faktoren und ihre Bedeutung für die Vegetation

Die Faktoren kann man einteilen in orographische, klimatische, edaphische und biotische, d. h. solche, die durch die Lage wirken, solche, die durch das Klima wirken, solche, die durch den Boden wirken und solche, die durch die Mitwesen wirken. Sie wirken immer gemeinsam, können sich gegenseitig ersetzen, kurz, sie bilden einen schwer auseinander zu lösenden Komplex. Zur Betrachtung müssen wir sie aber doch in die einzelnen Faktoren auflösen; erst zum Schluß, wenn wir die einzelnen Faktoren kennen, können wir auf die Gesamtwirkung eingehen.

Die klimatischen Faktoren sind:

1. Wärme.

Jeder Lebensvorgang bedarf der Wärme; jede Pflanze hat ihr besonderes Wärmebedürfnis mit Maximum, Optimum und Minimum. Bekannt ist ja, wie man im allgemeinen nach der Wärme die Erde in ihre heißen, gemäßigten und kalten Klimate teilt.

2. Licht.

Auch dieses ist für die Pflanzen unbedingt nötig. Nur im Lichte können sie assimilieren, also leben, im Dunkeln gehen sie zugrunde. Nur ganz niedrig organisierte Pflanzen, besonders parasitische und Unterwasserpflanzen kommen ohne oder mit ganz geringen Lichtmengen aus. Unter den Lichtwirkungen werden stillschweigend die Wirkungen inbegriffen, die vom ultravioletten Teile des Spektrums ausgehen, also die sog. chemischen Strahlen. Man spricht ganz richtig vom photochemischen Klima.

Wärme und Licht sind solare Faktoren, sie werden direkt durch die Sonnenstrahlen erzeugt und zwar die Wärme durch die Strahlen großer Wellenlänge, hauptsächlich die ultraroten von 340,000—760 $\mu\mu$ Wellenlänge, die Lichtwirkungen durch die sichtbaren Strahlen von 760—400 $\mu\mu$ Wellenlänge und die chemischen

Wirkungen hauptsächlich durch die ultravioletten Strahlen von 400—90 $\mu\mu$ Wellenlänge.

Den solaren Faktoren gegenüber stehen die terrestrischen: Regen und Wind.

3. Feuchtigkeit.

Ohne Wasser kein Leben. Das Wasser ist die Hauptsache zum Leben. Wo das Wasser spärlich wird, da wird auch das Leben spärlich.

4. Wind.

Der Wind hat als Samenverbreiter große Bedeutung, die trockenen Winde können die Vegetation durch rasche Austrocknung töten.

Hier seien angehängt:

5. Orographische Faktoren.

Es sind dies mehr indirekt wirkende Faktoren.

Neigung und Exposition wirken indirekt durch Veränderung der Erwärmungs- und Lichtbedingungen, der Abflußbedingungen usw.

Nun kommen wir zu den edaphischen Faktoren, dem

6. Boden.

Haben Wärme, Feuchtigkeit und Licht in großen Zügen die Verteilung der Pflanzen auf der Erde bedingt, so bedingen die edaphischen Faktoren die Details, je nach der Physik und Chemie der Bodenarten. Hier treffen wir die Fragen der Bodenstetigkeit der Arten mit Bezug auf Kalk-, Kiesel-, Humus- und Salzboden, die unbestrittene Salzstetigkeit und Humusstetigkeit, die ± bestrittene Kalk- und Kieselstetigkeit.

Dann werden wir übergehen zu den biotischen Faktoren, unter deren Einwirkung sich der eigentliche Kampf ums Dasein abspielt.

7. Pflanzen.

Hier kommen in erster Linie Wettbewerbsfragen in Betracht: der Wettbewerb um den Platz, Verdrängung, der Wurzelwettbewerb im Boden, der Blattwettbewerb und dadurch bewirkte Beschattung, ferner der Einfluß der Parasiten und Bodenbakterien.

8. Tier und Mensch.

Hier kommt einerseits Verbreitung und Befruchtung in Betracht — man denke an die Verbreitung der Beerenfrüchte durch Vögel, der Häkelfrüchte durch Schafe, an die Weg-Verschleppung auf Straßen und Eisenbahnen — andererseits kommen die ungeheuren Wirkungen menschlicher Kultur als solche in

Betracht, also das Weiden, das Mähen, das Düngen usw., die ganze Forst- und Landwirtschaft.

Gehen wir nun über zur Besprechung dieser einzelnen Faktoren und ihrer Messung.

Jeder einzelne Faktor und seine Messung

11. Klimatische Faktoren

III. Die Wärme

Die große Einteilung der Erde weist in erster Linie auf die Wärme hin, wir unterscheiden die heißen, die gemäßigten und die kalten Gebiete der Erde. Darauf, in Verbindung mit den Feuchtigkeitsverhältnissen gründete bekanntlich A. de Candolle 1874[1]) seine Einteilung der Erde in:

Megathermen, Pflanzen der Tropen, die mindestens 20° mittlere Jahrestemperatur und reichlichen Regen verlangen,

Xerophilen, die ebenfalls viel Wärme, aber wenig Feuchtigkeit verlangen, in den Trockengebieten zwischen dem 20. und 35. Breitegrad,

Mesothermen, Pflanzen der Mittelmeer- und verwandter Länder mit mäßiger, 15—20°, Jahrestemperatur und mäßig viel Regen,

Mikrothermen, Pflanzen der gemäßigten Zone, die nur 14 bis 0° mittlere Jahrestemperatur verlangen,

Hekistothermen, arktische Pflanzen, die wenig Wärme bedürfen.

Diese gut beobachteten Gruppen waren aber insofern abänderungsbedürftig, als es sich bald herausstellte, daß die Pflanzen nicht von einem Jahresmittel der Temperatur abhängen, wohl aber vom Minimum und Maximum von Temperatur und Feuchtigkeit und der Dauer der Temperatur ober- oder unterhalb gewisser Schwellenhöhen, also der Dauer der Vegetationszeit, der Dauer der Frostzeit. Dies berücksichtigend hat Köppen 1900[2]) die de Candolleschen Gruppen folgendermaßen charakterisiert:

---

[1]) Alph. de Candolle, Constitution dans le règne végétal de groupes physiologiques applicables a la géographie ancienne et moderne. Bibliothèque universelle et revue suisse; Arch. d. sc. phys. et nat., nouv. pér. t. L. Genf, 1874.

[2]) W. Köppen, Versuch einer Klassifikation der Klimate vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. Geogr. Zeitschrift, 6. Jahrg. Leipzig 1901.

Megathermen, Mitteltemperatur des kältesten Monats nicht mehr als 16°.

Xerophilen, der feuchteste Monat hat weniger als 12 Regentage.

Mesothermen, Mitteltemperatur des kältesten Monats unter 16°, aber nicht für lange Zeit unter 0°.

Mikrothermen, Winter mit Perioden von längerem Frost.

Hekistothermen, Mitteltemperatur des wärmsten Monats unter 10°.

Von dieser allgemeinen Einteilung der Erde können wir zur einzelnen Pflanze übergehen und ihrem Wärmebedürfnis.

Jede Pflanzenart bedarf eines Minimums an Wärme, verträgt nur ein bestimmtes Maximum und hat dazwischen eine für ihr Gedeihen optimale Temperatur. Diese Werte sind aber nicht während des ganzen Lebens der Pflanze die gleichen; die Keimung bedarf bestimmter Werte, anderer Werte bedarf die Pflanze für das Blühen, wieder anderer für das Fruchten, für das vegetative Wachstum, den Dauerzustand als Samen usw. Diese zu messenden Temperaturen wechseln aber auch noch mit den anderen Bedingungen, denen die Pflanzen ausgesetzt sind, den Feuchtigkeitsverhältnissen, Lichtverhältnissen, Windverhältnissen usw.

Aus der systematischen Verwandtschaft läßt sich selten auf das Wärmebedüfnis schließen, denn nahe verwandte Pflanzen haben oft sehr verschiedene Wärmebedürfniskurven. Für viele Pflanzen dürfte das Minimum bei 0° liegen, doch kennen wir Alpenpflanzen, von denen behauptet wird, daß sie das Gefrieren sogar im Blütenzustand ertragen und beim Auftauen ruhig weiter blühen. Andere Pflanzen sterben schon bei höhern Temperaturen ab. Kjellman, der Botaniker der Vegaexpedition, die 1878—79 in Pitlekaj in Nordsibirien überwinterte, berichtet, eine knospende, blühende, fruchtende *Cochlearia fenestrata* beobachtet zu haben, die, vom Winter überrascht, im nächsten Frühjahr ihr Blühen und Fruchten dort fortsetzte, wo es im Herbst stehen geblieben war. Die an schneefreier Stelle wachsende Pflanze hatte Temperaturen von über —46° auszuhalten. Dies ist aber nur ein einziges Mal beobachtet worden und wird angezweifelt[1]). Zarte Kräuter (*Bellis, Senecio vulgaris, Poa annua*), die den ganzen Winter vegetieren, können hart gefrieren. An hochalpinen Standorten, wo nachts die Temperatur unter 0° sinkt und am Tag in der Sonne 20—40° Wärme

[1]) Siehe Braun, Schneestufe; Zitat S. 152.

herrscht, blüht die Nivalflora. Hier wären interessante Studien zu machen.

Die meisten Pflanzen können sich auf höhere oder tiefere Temperaturen vorbereiten und besitzen einen Zustand, in dem sie die ungünstige Jahreszeit leicht überdauern können[1]. So z. B. vor allem die einjährigen Pflanzen, die im Samenzustand große Kältegrade ertragen, so auch die laubwechselnden Pflanzen. Diese bereiten sich dadurch auf den kalten Winter vor, daß sie ihre kälteempfindlichen Teile, die Blätter und Blüten nur in der warmen Jahreszeit tragen und dann zur Überdauerung des Winters abwerfen. Andere Mittel stehen den Nadelbäumen zur Verfügung, die ohne Abwerfen des Blätterkleides sehr starke Kälte ertragen, z. B. am Kältepol der Erde in Werchojansk gedeiht der Wald bei einer mittleren Dezembertemperatur von —48,4° und einem absoluten Minimum von —69,8°. Bei diesen Pflanzen, wie bei vielen anderen, werden innerlich Vorbereitungen getroffen. Bei der langsam eintretenden Kälte wird die Stärke in Zucker umgewandelt und dieser bildet einen Kälteschutz. Wenn es wieder wärmer wird, so geht die Umwandlung wieder zurück. Geschieht dies nun mitten im Winter oder im Vorfrühling und ein Kälterückschlag trifft die Pflanzen in ihrem Stärkezustand, so sind sie diesem nicht gewachsen und gehen zugrunde. Wir decken unsere Pflanzen im Winter weniger gegen die andauernde Kälte als gegen die zu rasche Erwärmung, welcher wieder Kälte folgt. Unsere frostempfindlichen Gewächse südlicheren Ursprungs „erfrieren" daher mehr in Südlagen, wo sie die warme Sonne trifft, als in den gleichmäßiger kalten Nordlagen[2].

Nachdem wir die Bedeutung von Temperaturmessungen besprochen haben, wollen wir zur eigentlichen Messung übergehen.

Wärmemessung

Zur Wärmemessung dient das Thermometer. Die gewöhnlichen Thermometer bestehen aus einer sich bei der Erwärmung regelmäßig ausdehnenden Flüssigkeit, meist Quecksilber, hier und

---

[1] R. Pictet in Archives d. sc. phys. et nat. Genf 1893, T. 30, S. 311. — Thiselton-Dyer in Proc. Roy. Soc. 1899, Vol. 65, S. 362. — C. de Candolle in Archives d. sc. phys. et nat., Genf 1895, T. 33, S. 504. — Bengt Lidforss, Die wintergrüne Flora. Lunds Univ. Årsskr. N. F., 2, II., Lund 1906.

[2] A. Molisch, Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen. Fischer, Jena 1897, S. 56 u. 61/2.

da Weingeist und dergl., und einer Skala, die uns den Wärmebegriff vermittelt. Für die Wissenschaft kommt nur das 100teilige Thermometer in Betracht, das die Temperaturspanne zwischen Gefrierpunkt des Wassers und Siedepunkt des Wassers in 100 gleiche Teile, Grade, teilt.

Gewöhnliche Thermometer gehören zur Ausrüstung für geobotanische Untersuchungen, um überall lokale Standortstemperaturen messen zu können. Günstig für Lufttemperaturen auf der Reise sind

Schleuderthermometer

Durch rasches Herumschwenken erhält man in kurzer Zeit die Lufttemperaturen, dies auch an sonnigen Örtlichkeiten, wo das ruhig ausgelegte gewöhnliche Thermometer weder Sonnentemperatur noch Schattentemperatur, sondern eine unbrauchbare dazwischenliegende Temperatur angibt.

Was allgemeine Ortstemperaturen anbetrifft, und überhaupt soweit als möglich, mache man sich die vorhandenen Daten des meteorologischen Dienstes zu nutze. Es handelt sich bei den Stationen meist nur um die

Schattentemperatur der Stationen

Das Stationsthermometer ist möglichst im Schatten, also an der Nordseite der Häuser anzubringen in einer Höhe, in der keine Bodenausstrahlung mehr in Betracht kommt. Das Thermometer, wie auch andere Instrumente, besonders das Hygrometer, wird in einen runden luftigen Kasten gehängt, der unten offen, oben zum Schutz bedeckt, doppelte Seitenwände mit reichlicher Luftzirkulation dazwischen hat. Vorn läßt sich zum Ablesen ein Türchen öffnen. Das Thermometer wird auf $^1/_{10}{}^0$ genau abgelesen.

In den meisten Ländern geschieht die Ablesung dreimal täglich, in der Schweiz z. B. 7^h morgens, 1^h nachmittags und 9^h abends. Dabei ist zu erwähnen, daß die Zeit approximativ Sonnenzeit sein muß, da sich die Temperatur nach der Sonne und nicht nach der menschlichen Übereinkunft auf mitteleuropäische, westeuropäische oder osteuropäische Zeit usw. richtet. So muß also z. B. in der Schweiz die Ablesung nach mitteleuropäisch gerichteten Uhren um $7^1/_2{}^h$, $1^1/_2{}^h$, $9^1/_2{}^h$ geschehen.

Aus den einzelnen Beobachtungen werden die „Tagesmittel“ und „Monatsmittel“ berechnet. Das Mittel des 24stündigen Tem-

peraturverlaufs ergibt sich ziemlich gut annähernd durch Mittelbildung der drei genannten Terminbeobachtungen, also:

$$\frac{7^h + 1^h + 9^h}{3}$$

z. B. $\frac{11{,}2 + 16{,}1 + 11{,}0}{3} = 12{,}8$

$$\frac{9{,}4 + 11{,}6 + 5{,}2}{3} = 8{,}7$$

$$\frac{0{,}0 + 1{,}5 + 1{,}3}{3} = 0{,}9$$

Die Eidgenössische Meteorologische Zentralanstalt verwendet für die Monatsmittel meist eine etwas abgeänderte Formel, indem es sich gezeigt hat, daß das wirkliche Mittel noch besser erreicht wird, wenn der Abendtemperatur doppeltes Gewicht verliehen wird, also:

$$\frac{7^h + 1^h + 2 \times 9^h}{4}$$

Führen wir dies an obigen Beispielen durch, so erhalten wir:

12,3
7,9
1,0,

in zwei Fällen weniger, im letzten etwas mehr als das gewöhnliche Mittel. Im allgemeinen ist das Mittel mit Dreiteilung etwas zu hoch und erniedrigt sich die Zahl etwas durch Anwendung der Vierteilung. Es kann aber auch das Umgekehrte der Fall sein, so bei stark bedecktem Abendhimmel, der die Ausstrahlung verhindert.

Aus den 28—31 Tagesmitteln werden die Monatsmittel gebildet und aus diesen die Jahresmittel.

Reduktion nach benachbarten Stationen.

Besitzt man im Untersuchungsgebiet keine langjährige meteorologische Station, sondern nur die Temperatur einzelner Jahre, sei es, daß sie vorhanden sind, sei es, daß man selber ein oder zwei Jahre sie durchführen kann, so können diese Zahlen allgemeiner gültig gestaltet werden durch Reduktion nach benachbarten Stationen. Diese benachbarten Stationen müssen aber verwandter Art sein, man vergleiche Paßstationen mit Paßstationen, Ebenenstationen mit Ebenenstationen, Gipfelstationen mit Gipfelstationen usw. Solche

Angaben findet man in Klimabüchern, z. B. in: Das Klima der Schweiz von Maurer, Billwiller jr. und Heß (Frauenfeld 1909); das gibt von vielen Stationen 40jährige Mittel.

Nehmen wir einen praktischen Fall. Für das Berninahospiz existieren Messungen aus den 70iger Jahren und meine eigenen von 1905/06. Als Beispiel will ich nur ein paar Monate von 1906 besprechen. Eine ähnliche Lage, also Paßstation, finden wir im Julier.

Den Tabellen entnehme ich:

	Januar	Februar	März	April
Julier 1906	— 9,0	— 10,9	— 6,8	— 3,2

Darunter setze ich die Berninamessungen der gleichen Zeit:

Bernina 1906	— 7,9	— 9,8	— 5,5	— 3,0

Dann bilde ich die Differenz:

Julier-Bernina	— 1,1	— 1,1	— 1,3	— 0,2

Um diese Beträge war in den betreffenden Monaten der Berninapaß jeweilen wärmer als der Julier. Aus diesen Differenzen werden zum Ausgleich temporär vielleicht zu stark hervortretender Abweichungen vom Mittel nach meteorologischer Erfahrung die sog. ausgeglichenen Mittel gebildet, nämlich

$$\text{Februar} = \frac{\text{Januar} + \text{Februar} + \text{März}}{3}$$

$$\text{März} = \frac{\text{Februar} + \text{März} + \text{April}}{3}$$

$$\text{April} = \frac{\text{März} + \text{April} + \text{Mai}}{3} \text{ usw.}$$

Wir erhalten Julier minus Bernina nach ausgeglichenen Mitteln:

Januar	Februar	März	April
— 1,4	— 1,2	— 0,9	— 0,6

Man kann nun annehmen, daß auch andere Jahre die Differenz sich ungefähr ähnlich verhalten wird. Ich nehme daher die bekannten langjährigen Mittel des Julier:

— 8,9 — 8,0 — 6,6 — 2,0

und ziehe davon die für Bernina gefundene Differenz ab, so erhalten wir also reduzierte Werte für das Berninahospiz:

— 7,5 — 6,8 — 5,7 — 1,4.

Besitze ich mehrere Beobachtungsjahre, so reduziere ich mit jedem Jahr oder mit dem Durchschnitt der Jahre, so wird die An-

näherung stets genauer. Eine weitere Verbesserung erhalte ich, wenn ich die Reduktion auf mehrere Punkte durchführe. In unserem Beispiel etwa noch auf dem Bernhardinpaß und auf den Gotthardpaß. Das Jahr 1906 war auf Bernina viel zu warm. Mit Berücksichtigung aller Berechnungsmöglichkeiten (kalte 70er Jahre, andere Pässe) erhalten wir:

Januar	Februar	März	April
— 8,1	— 7,2	— 6,0	— 1,9.

Habe ich gar keine Beobachtungen vom gewünschten Ort, so kann die Reduktion nur auf allgemeine bekannte Tatsachen aufgebaut werden. Man weiß aus Messungen an verschiedenen Orten, daß ein Ansteigen um 100 m im Gebirge einer Temperaturabnahme von etwa $^1/_2{}^0$ entspricht, 0,2—0,8° je nach Ort und Jahreszeit; für die Schweiz macht die Temperaturabnahme auf 100 m durchschnittlich 0,58°, für den Harz 0,58°, für das Erzgebirge 0,59° (siehe Hann, Handbuch der Klimatologie, Stuttgart 1908, I. Bd., S. 216) aus, im Winter 0,43—0,45°, im Sommer 0,68—0,73°, auf der Südseite der Alpen bedeutend mehr als auf der Nordseite.

Die Höhendifferenz zwischen Julier 2237 m und Bernina 2312 m beträgt 75 m, also $^3/_4$ von 100 m. (Mittel der Angaben aus Hann für Westalpen 46° nördl. Breite: Jan. 45, Feb. 53, März 62, April 64 und Ostalpen Südseite 46° nördl. Breite: Jan. 49, Feb. 54, März 63, April 67).

Rechnen wir also für die Monate Januar bis April

	Januar	Februar	März	April	
	$^3/_4 \times 0{,}47$	$^3/_4 \times 0{,}53$	$^3/_4 \times 0{,}62$	$^3/_4 \times 0{,}65$	
=	0,35	0,40	0,46	0,49	ab, so bekämen wir
	— 9,2	— 8,4	— 7,0	— 2,5;	

nach der früheren Methode hatten wir bekommen:

— 8,1	— 7,2	— 6,0	— 1,9.

Man sieht, daß diese auf sehr allgemeinen Berechnungen fußende Methode den lokalen Faktoren nicht gerecht werden kann und daher nur sehr approximative Werte ergibt. Im besprochenen Beispiel dürfte der Unterschied darin liegen, daß die Station nicht am Paß am Lago Bianco steht, sondern am wärmeren Hang, der Paß wäre nicht höher als Julier, brauchte also keine Subtraktion. Ein weiteres Moment für das Höherliegen der Berninatemperatur bildet die Nähe des warmen Veltlin, das durch wärmere Winde seinen Einfluß auf dem Hospiz geltend macht.

Zur Charakterisierung eines Ortes gibt die Meteorologie in erster Linie die mittlere Jahrestemperatur an. Aus gleichen mittleren Jahrestemperaturen werden Isothermen, d. h. Linien, welche die Orte gleicher Temperatur verbinden, konstruiert und die Erde auf diese Weise eingeteilt. In der Geobotanik sind diese Zahlen fast wertlos, da dieselbe mittlere Jahrestemperatur sehr verschiedene Klimate umfaßt, sowohl ozeanische als kontinentale. Besser sind Isothermen der Vegetationsperiode oder Januar- und Juli-Isothermen, d. h. besser zu sagen: die Isothermen des wärmsten und des kältesten Monats, was meistens mit Januar und Juli zusammenfällt, hier und da aber auch Februar und August sein kann. Es sind dies also die Monatsmittel, wie wir sie vorher ausgerechnet haben. Aber wichtiger als diese Mittelzahlen sind für die Vegetation die mittleren und absoluten Maxima und Minima während ihrer verschiedenen Vegetationsperioden und die Differenzen zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter. Leider sind wenige meteorologische Stationen zu deren Beobachtung mit Maxima- und Minimathermometer ausgerüstet.

Terminextreme

Fehlen Messungen von Maxima und Minima-Temperaturen, so behilft man sich mit den Terminextremen, d. h. man nimmt aus den Tabellen des gewöhnlichen Stationsthermometers der meteorologischen Anstalten die tiefsten und höchsten Temperaturen heraus. Die tiefsten Temperaturen der drei Tagesablesungen zeigt meistens die Ablesung von 7 h morgens an; meist ist es aber um 7 Uhr schon wieder etwas wärmer als um 4 Uhr morgens. Für den Botaniker sind natürlich die am Maximum- und Minimumthermometer abgelesenen absoluten Extreme wichtiger, die manchmal erheblich von den Terminextremen abweichen. Die Differenz zwischen absoluten und Terminminima betrug auf Berninahospiz 0—4°; d. h. das Minimum des Minimumthermometers lag 0—4° unter dem Minimum der Terminablesung, konnte aber auch ins Gegenteil umschlagen, d. h. also, daß am Termin eine geringere Temperatur am Stationsthermometer abgelesen wurde als das Minimumthermometer angab, wenn infolge der Windrichtung das Minimumthermometer geschützter war als das Stationsthermometer.

Beispiele für größere Differenzen, die effektiv gemessen wurden:

Absolute Minima

	Stationsthermometer	Minimumthermometer
Juli 1905	4,2	0,4
August 1905	— 0,2	— 3,0
Dezember 1905, aber umgekehrt:	— 13,7	— 15,0
Juni 1916	— 6,4	— 5,2.

Maximum- und Minimumthermometer

Zur Messung der Temperaturextreme dienen eigene Thermometer, welche die Eigenschaft haben, den höchsten oder niedrigsten Stand der Temperatur zu fixieren, so daß man ihn später ablesen kann. Die Extremthermometer kommen in verschiedenen Ausführungen in den Handel, von denen die verbreitetsten kurz erläutert seien.

Man kann Maximumthermometer, ähnlich den bekannten Fieberthermometern verwenden, bei denen der Quecksilberfaden nur steigen kann, bei der Abkühlung aber an einer verengten Stelle abreißt, so daß der höchste Stand sichtbar bleibt. Durch Schleudern wird der Faden zurückgebracht. Eine andere Art ist die, bei welcher ein Metallstäbchen oben auf dem Quecksilberfaden aufliegt, das beim Steigen aufwärts gestoßen wird und beim Zurückgehen des Quecksilbers oben liegen bleibt. Dieses Instrument ist nahezu wagrecht aufzustellen, damit das Metallstäbchen oben ruhig bleibt und nicht von selber zurückrutscht. Durch bloßes Senkrechtdrehen kann nach der Ablesung das Stäbchen wieder bis zum Quecksilber heruntergebracht werden.

Das entsprechende Minimumthermometer ist ein Weingeistthermometer. Im Weingeist liegt wiederum ein Stäbchen, das beim Sinken der Temperatur durch die Kapillarwirkung des Weingeists mit hinuntergezogen wird und beim tiefsten Stand liegen bleibt. Bei steigender Temperatur wird das Stäbchen nicht bewegt.

Sehr bequem sind die Thermometrographen nach Six (Fig. 1). Diese gestatten neben der jeweiligen Temperatur zugleich den tiefsten und den höchsten Stand abzulesen. Es sind Kreosotthermometer. Als eigentliches Wärmemaß befindet sich Kreosot im gefüllten Röhrenteil, der nicht als Kugel, sondern als umgebogene Röhre ausgebildet ist. In U-förmiger Röhre befindet sich ein Quecksilberfaden, beiderseits darüber Kreosot. Das Kreosot über dem einen Ende kann in eine nur teilweise ge-

füllte Röhrenerweiterung ausweichen, so daß seine Temperaturänderung keinen Druck ausübt. Am anderen Ende ist der Behälter (die oben nochmals umgebogene Röhre) ganz mit Kreosot gefüllt, so daß dessen Ausdehnung und Zusammenziehung auf den vorgelagerten Quecksilberfaden wirkt. Beide Quecksilberfadenenden laufen an einer Zentrigradskala, zeigen also die Temperatur an. Über beiden Enden befindet sich ein Metallstäbchen, das vom Quecksilber gestoßen wird. Im linken Rohr wird beim Steigen der Temperatur das Stäbchen zurückgelassen und zeigt das Minimum an, im rechten Rohr bleibt es beim Fallen der Temperatur zurück und zeigt das Maximum an. Der Apparat steht aufrecht, da die Stäbchen sich im dickflüssigen Kreosot nicht durch Eigengewicht abwärts bewegen. Um sie wieder bis zum Faden herunterzubringen, bedient man sich eines kleinen Magneten, den man auswendig an der Röhre abwärtsstreicht und damit das Metallstäbchen mitzieht.

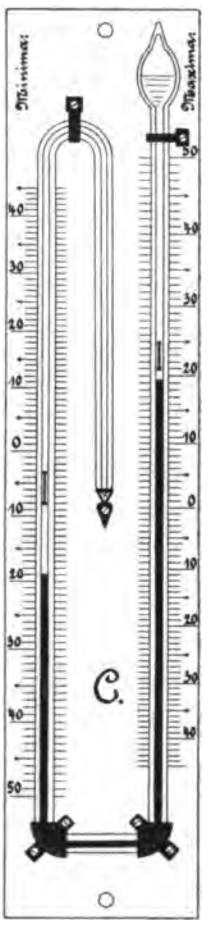


Fig. 1. Maximum- und Minimum-Thermometer

Anwendung der Extremthermometer

Ein hübsches Beispiel für die direkte Verwendung der Maximum- und Minimumthermometer zu ökologischen Studien finden wir bei Schades Arbeiten aus dem Elbsandsteingebirge[1]). Er legte diese Thermometer ins Innere von Moosrasen ein und las jahrelang fortgesetzt zeitweilig die Temperatur zur Beobachtungszeit ab sowie die Maxima und Minima seit der letzten Ablesung. Für die Anordnung und Ausführung der Messungen muß auf diese sehr interessanten Arbeiten verwiesen werden. Es sei nur einiges erwähnt. Die Moostemperaturen hielten sich zwischen Felstemperatur

[1]) A. Schade, Pflanzenökologische Studien an den Felswänden der sächsischen Schweiz. Englers Bot. Jahrb., Bd. 48, 1912, S. 119—210 und A. Schade, Über den mittleren jährlichen Wärmegenuß von *Webera nutans* (Schreb.) Hedw. und *Leptoscyphus Taylori* (Hook.). Mitt. im Elbsandsteingebirge. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 1917, Bd. 35, Heft 6, S. 490—505.

und Lufttemperatur. Zwei beobachtete Moosrasen, die nur etwa 50 m auseinanderlagen, zeigten Lokalklimate von schroffstem Gegensatz. Im *Webera nutans*-Rasen, der an heißem Südhang wächst, wechselte im Lauf des Jahres die Temperatur durchschnittlich von + 53° bis — 6°, also um 59°, im kühl nördlich gelegenen *Leptoscyphus Taylori*-Rasen nur von + 16° bis — 4°. bloß um 20°, also nur um den dritten Teil. Das eine Moos genießt eine mittlere Jahrestemperatur von 23°, das andere von 6°, das nahe Dresden schwankt von + 37° bis — 27°.



Fig. 2. Thermograph

Thermograph (Fig. 2)

Für Orte und Gelegenheiten, wo man die Ablesungen nicht in kurzen Zwischenzeiten regelmäßig machen kann, sind die selbstaufzeichnenden Wärmemesser, die Thermographen, sehr wertvoll, Sie sind meistens so eingerichtet, daß sie den ganzen Temperaturgang einer Woche angeben, so daß man die Extreme jeden Tages, wie auch jedes Terminmaß daraus entnehmen kann. Der Wärme-

messer ist eine flache gebogene Metallröhre, die sog. Bourdonröhre, die mit einer schwergefrierbaren Flüssigkeit gefüllt ist. Diese Röhre ist etwa 10 cm lang, 2 cm breit und 0,1 cm dick und in Form eines Zylindermantels gebogen. Bei Erwärmung streckt sich die Röhre ein wenig, bei Abkühlung zieht sie sich zu etwas verkleinertem Zylinderdurchmesser zusammen. Die Enden der Röhre sind an einem Drehhebel befestigt, an dem ein langer Zeiger steckt. Das Ende des Zeigers ist zu einem mit Tinte gefüllten Stift ausgebildet, der den Zylindermantel einer Trommel berührt. Diese Messingtrommel enthält ein Uhrwerk, welches sie in einer Woche einmal herumdreht. Auf den Zylinder ist ein Registrierstreifen gesteckt, der die Zentigradeinteilung, sowie Tages- und Stundenbezeichnung aufweist, in die der Stift den Temperaturgang selbst einträgt. Das Ganze ist solid in einem Kasten eingebaut, damit es gegen allerlei Unbill standhält; immerhin werden diese komplizierten Apparate in allzurauhem Klima leicht von Störungen betroffen.

Wärmesummen

Durch Addieren der täglichen Mittel erhält man Wärmesummen einer bestimmten Periode. Man hat auf diese Weise versucht, für einzelne Pflanzen die Wärmesummen zu bestimmen, die sie für ihre Vegetationsperiode, oder auch für einzelne Funktionen brauchen. So berechnet H. Hoffmann in Gießen[1]) für die Laubentfaltung der Buche 1254°, für die der *Robinia pseudoacacia* 2168°, für die Fruchtreife der Heidelbeere 3029°, der Gurke 4058°, Sie gelten nur für das eine Jahr, in dem sie beobachtet worden sind, und besonders nur gerade für den bestimmten Ort, an dem man die Beobachtung vorgenommen hat, und dies aus folgenden Gründen:

1. Da, wie wir immer wieder sehen werden, die Faktoren sich gegenseitig in hohem Maße ersetzen können, gelten diese Zahlen nur neben einem bestimmten Feuchtigkeitsverhältnis, einem bestimmten Lichtklima, einer bestimmten Bodenwärme usw., also nur neben allen andern lokalen Faktoren des bestimmten Ortes.

2. Dann kommt noch dazu, daß eine frühere Vegetationsperiode nachwirkt. War der vorangegangene Sommer lange warm, so

[1]) H. Hoffmann, Über thermische Vegetationskonstanten. Abh. der Senckenbergschen Ges., Frankfurt 1872, S. 379. — Verh. zool.-bot. Ges., Wien 1875, S. 564. — Bot. Zeitg., Leipzig 1880, S. 465.

können Blüten und Blätter im Herbst besser vorbereitet werden und die Wärmesumme zur Entfaltung im nächsten Frühjahr wird kleiner; anderseits hält ein kalter Herbst die Vorbereitung zurück, so daß diese im Frühjahr nachgeholt werden muß und man dann eine viel höhere Summme messen würde.

3. Ferner wirkt auf die benötigte Wärmesumme die Samenprovenienz ein, wie die interessanten Untersuchungen von Arnold Engler (Zürich) gezeigt haben, auf die wir noch verschiedentlich zu sprechen kommen werden. Hier sei nur erwähnt, daß Bäume, deren Samen aus Höhenlagen stammen, ihr Laub oft einen Monat später bekommen als Bäume aus Tieflandsamen; daß also nebeneinander gepflanzt die einen eine ganz bedeutend höhere Wärmesumme bis zu ihrer Laubentfaltung erhalten, als die andern.

Hoffmann untersuchte die Verhältnisse bei *Solidago virgaurea*. Die Gießener Exemplare blühten am 26. Juli nach Genuß von 3577°, solche aus Zermattersamen (1624 m) schon am 13. Juni mit 2473°, solche aus Samen vom Riffelhaus (2570 m) mit 2238° Wärmesumme. Es handelt sich z. T. also auch um ererbte Eigenschaften.

4. Die Wärmesumme ist vermutlich durch Addieren der Schattentemperaturen entstanden, während die Pflanzenentwickelung teils im Schatten, teils in der Sonne, teils im Halbschatten vor sich geht; die lokal vorhandenen Wärmemengen sind also ganz andere als die, welche das gewöhnliche Thermometer im Schatten angibt. Darauf werden wir bei der Besprechung der Sonnentemperatur noch weiter eingehen.

Annuelle

In Gebieten, wo die für die Vegetation günstige Zeit kurz ist, erwartet man viele annuelle Pflanzen, die ihren ganzen Wachstumszyklus in dieser Zeit erledigen. Dies ist aber nur in den Ländern der Fall, in denen die Vegetationszeit durch heiße Dürre verkürzt wird. Ist die Zeit auch kurz, so ist doch sicher die nötige Wärme zum Ausreifen der Samen vorhanden, und das letzte Ausreifen braucht mehr Wärme als Feuchtigkeit, die zu jener Zeit oft schon fehlt. Die Gebiete, die einen großen Prozentsatz von Annuellen tragen, sind die trocken-warmen Subtropen, also z. B. das Mittelmeergebiet, überhaupt der Wüstengürtel mit seinen angrenzenden Ländern. Im Gebirge nehmen die Annuellen nach oben ab, da die Vegetationszeit zu kurz wird, um den ganzen

Lebenslauf zu vollenden. Es wird ein Teil zurückgelegt, z. B. das Keimen, das Entwickeln der Blattrosette, dann Winterpause gemacht und in der folgenden Vegetationsperiode wieder fortgefahren. Die vom Vorjahr vorhandene Blattrosette kann sofort mit Vegetationsperiodenanfang mit ihrer assimilierenden Tätigkeit beginnen und die Wärme des zweiten Jahres wird daher von Anfang an für die Blütenentwicklung und für die Fruchtbildung verwendet.

Wir begegnen in den Alpen nicht nur weniger Annuellen als in der Ebene, sondern es werden im Gegenteil einzelne Arten, die wir im Tal als Annuelle kennen, in den Alpen ausdauernd, so z. B. *Poa annua*, die in höheren Lagen die ausdauernde Varietät *supina* bildet (*Senecio vulgaris*, *Viola tricolor*, *Cardamine hirsuta*).

Im Berninagebiet finden sich in der Nivalstufe von 117 Arten, die dort noch vorkommen, nur 3 Annuelle; also 2½%: *Euphrasia minima*, 3260 m, als Halbschmarotzer unter andern Bedingungen stehend. Die Halbschmarotzer *Euphrasia* und *Rhinanthus* gehen überhaupt ziemlich hoch; *Arenaria Marschlinsii* 3000 m, *Sedum atratum* 2976 m.

In der subnivalen Stufe sind es 7 Arten von 195, also etwa 3½%.

In den Westalpen fanden Flahault und Bonnier über 1800 m 6% Annuelle, zwischen 600 und 1800 m 33%, zwischen 200 und 600 m 60% innerhalb der 14 Gattungen, die sie untersuchten.

Sonnenstrahlung

Die hohen Standorte nicht nur der Annuellen, sondern überhaupt, treffen wir immer auf Südhängen. Hier kommen wir zu einem schwachen Punkt der „Meteorologie". Für die Pflanzen kommt nicht in erster Linie die Schattentemperatur in Betracht, welche die Meteorologie mißt. Nur wenige Pflanzen leben in ewigem Schatten z. B. der Unterwuchs eines Buchenwaldes und auch dieser nur im Sommer nach der Laubentfaltung der Buche, oder Höhlenbewohner; die meisten genießen mehr oder weniger Sonne, besonders die Alpenpflanzen der großen Höhen erhalten sehr große Sonnenmengen. Wir müssen also die Schattentemperatur ergänzen durch Messungen der Temperatur an besonnten Orten, durch sogenannte Sonnentemperatur. Diese zu messen bietet aber eine Reihe von Schwierigkeiten. Die Sonnentemperatur ist nicht eine konstante Größe wie die Schattentemperatur. Je nach den Reflexions- und Absorptionsverhältnissen sind die Sonnentempera-

turen an verschiedenen Gegenständen sehr verschieden. Je nach Farbe und je nach Glanzstärke wirkt die Sonnentemperatur verschieden, jedes Lüftchen wirkt in starkem Maße. Man kann also nicht ein gewöhnliches Thermometer in die Sonne legen, da an dem glänzenden Quecksilber sehr viele Sonnenstrahlen reflektiert und daher nicht gemessen werden.

Neben den gewöhnlichen Thermometern gibt es solche, deren Quecksilberkugeln grün, rot oder schwarz angestrichen sind. Versuche zeigen, daß das grüne und das rote Thermometer gleiche Temperaturen zeigen, die wesentlich höher sind, als die des glänzenden Quecksilbers; das schwarz gestrichene Thermometer weist noch höhere Temperaturen auf. Da die Vegetation in der Hauptsache grün ist, sollte das grün gestrichene Thermometer am ehesten die Werte ergeben, unter denen die Pflanzen leben. Genau kann das Maß aber wiederum nicht stimmen, da jedes Blatt vom andern verschieden ist in der Schattierung des Grün und besonders im Glanz, wir müßten matte bis glänzend grüne Thermometer in allen Schattierungen haben, um die verschiedene Wirkung festzustellen. Diese Messungen sind noch gar nicht ausgebildet, hingegen hat die Meteorologie einen Sonnentemperaturmesser, der möglichst die ganze Temperatur in der Sonne mißt unter Vermeidung der Verluste durch Glanz usw. Es ist das Schwarzkugelthermometer im Vakuum. Die Quecksilberkugel ist mit Ruß überzogen, also einer gar nicht glänzenden und daher nicht Wärme wegbiegenden Materie.

Schwarzkugelthermometer (Fig. 3)

Für unsere Vegetation ist die Sonnentemperatur von großer Wichtigkeit. In der Ebene ist der Unterschied zwischen den Temperaturen in der Sonne und im Schatten nicht so groß, da die dicke Luftschicht in hohem Maße ausgleichend wirkt. Violle fand, daß von der Sonnenstrahlnng auf dem Montblanc-Gipfel 6% verloren gegangen sind von der Strahlung, die an der Grenze der Atmosphäre vorhanden wäre. Bei den Grands Mulets (3050 m) war der Verlust schon 11%, auf dem Bossongletscher bei 1200 m 21% und in Paris bei 60 m 32%.

Dorno[1]) (1916, S. 514) gibt an, daß von der gesamten Energiemenge, welche die Sonne der Erde zustrahlt, nur 75% bis

[1]) C. Dorno, Die Physik der Sonnenstrahlung. Abschnitt D des Handbuches der Balneologie, Medizinischen Klimatologie und Balneographie, 1. Bd.,

zu 1800 m Höhe und nur 50% bis zum Meeresniveau gelangen, und unter Berücksichtigung der Bewölkung sogar nur 52% resp. 24%. Dabei stammen von der Energie am Meeresniveau 60% aus dem ultraroten und 40% aus dem Helligkeitsspektralteil. Also darf man nicht ohne weiteres ultrarote gleich Wärmestrahlen setzen.

Neben der direkten Sonnenstrahlung wirkt aber noch die Atmosphärenstrahlung, die nach Hann noch der gewöhnlichen Messung entgeht. „Aus den Lufttemperaturen läßt sich ihr Totaleffekt berechnen", schreibt Dorno (1916, S. 520), „so wissen wir z. B., daß in Mitteleuropa dem Erdboden im Januar von der Atmosphärenstrahlung zwei- bis dreimal mehr Wärme zugeführt wird als von der direkten Sonnenstrahlung". Dieser Einstrahlung der Atmosphäre wirkt die Ausstrahlung entgegen. Dorno sagt (S. 521) weiter, „daß die Strahlung der Atmosphäre mit Zunahme der Bewölkung wächst und im allgemeinen um so größer ist, je tiefer die Wolken stehen, daß die Ausstrahlung mit zunehmender Höhe über dem Meere steigt und die Strahlung der Atmosphäre gleichzeitig fällt".

„Der Einfluß der Ausstrahlung drückt sich aus in den Temperaturdifferenzen, welche zwischen den ausstrahlenden Körpern und der umgebenden Lufttemperatur entstehen; die Differenzen hängen natürlich außer von der Gegenstrahlung der Atmosphäre von dem Wärmeleitungsvermögen der Körper und von der Beschaffenheit der Oberfläche (ob rauh oder glatt) ab, sowie von der Luftbewegung. In Karlsruhe ist beobachtet worden, daß der Schnee im Schatten der Häuser bei + 10° Lufttemperatur infolge Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel nicht schmolz und daß das Tauwasser trotz der 10° Luftwärme sofort wieder gefror, sobald es wieder in den Schatten gebracht wurde. In Arabien ist in 2000 m Höhe Eisbildung beobachtet."

Fig. 3. Schwarzkugelthermometer zur Messung d. Temperatur in der Sonne

Also diese komplizierten Verhältnisse, die auch auf die Pflanzen wirken, dürfen wir nicht vergessen, wenn

Leipzig 1916. — C. Dorno, Physik der Sonnen- und Himmelsstrahlung. Die Wissenschaft, Sammlung von Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Naturwissenschaft und der Technik, Bd. 63, Braunschweig 1919.

wir Temperaturen und besonders Sonnentemperaturen messen und von diesen Zahlen Resultate ableiten wollen.

Während die Schattentemperatur mit der Höhe sinkt, steigt die Sonnentemperatur bei derselben Sonnenhöhe mit dem Schwarzkugelthermometer im Vakuum gemessen, sehr beträchtlich (Fig. 4).

Auf Berninahospiz hatte ich ein Maximum der Differenz von 62,5° nachgewiesen. Dabei wirkte aber der Schneereflex mit. Das Maximum in der schneelosen Zeit war 47,8°. Bei den Mittagsmessungen war der Jahresdurchschnitt der Differenz volle 31,3°, die Monatsdurchschnitte der Differenz variierten zwischen 21,2° und 42,3°.'

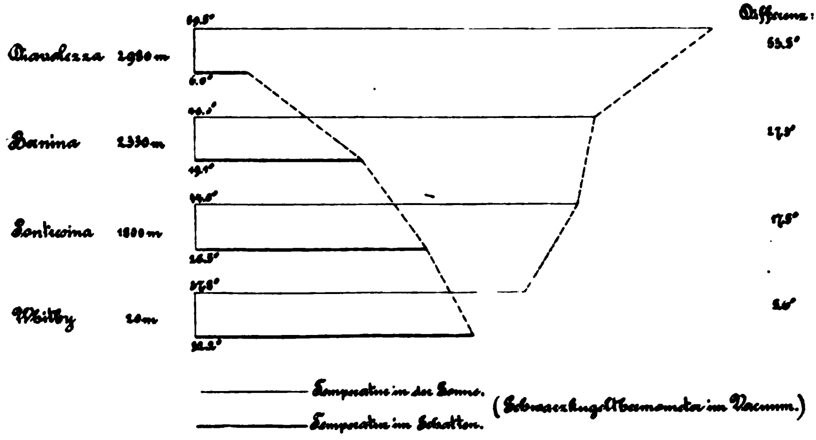


Fig. 4. Fallen der Schattentemperatur und Steigen der Sonnentemperatur mit der Meereshöhe (nach Frankland; alles bei 60° Sonnenhöhe)

Schon am Morgen, wenn die Sonne noch niedrig steht (7 Uhr), ist die Differenz bedeutend. In den Monaten April bis Oktober, in denen die Sonne um 7^h überhaupt scheint, variieren die Monatsmittel der Differenz zwischen Sonne und Schatten von 9,2—24,8°;

das Maximum der Sonnentemperatur war 47,4°;
" " " Differenz " 43,8°.

		Sonne	Schatten	Differenz
7^h morgens	7. Juni 1905	46,0	2,2	43,8
	5. August 1905	47,4	10,7	36,7
	3. April 1905	29,5	— 13,0	42,5.

Daraus ersehen wir, daß diese hohen Sonnentemperaturen den ganzen Tag über ihre Bedeutung haben, und es ist begreiflich, daß dies einen großen Einfluß auf die Vegetation ausübt.

Solche Sonnentemperaturmessungen sollten wir von möglichst vielen Stationen, besser noch von möglichst vielen Pflanzenstandorten haben. In Wirklichkeit sind die Beobachtungen sehr spärlich. Einiges darüber findet man in R. Aßmann, Die Sonnenstrahlung, in der Zeitschrift „Das Wetter“, Berlin 1900, Jahrgang 17[1]).

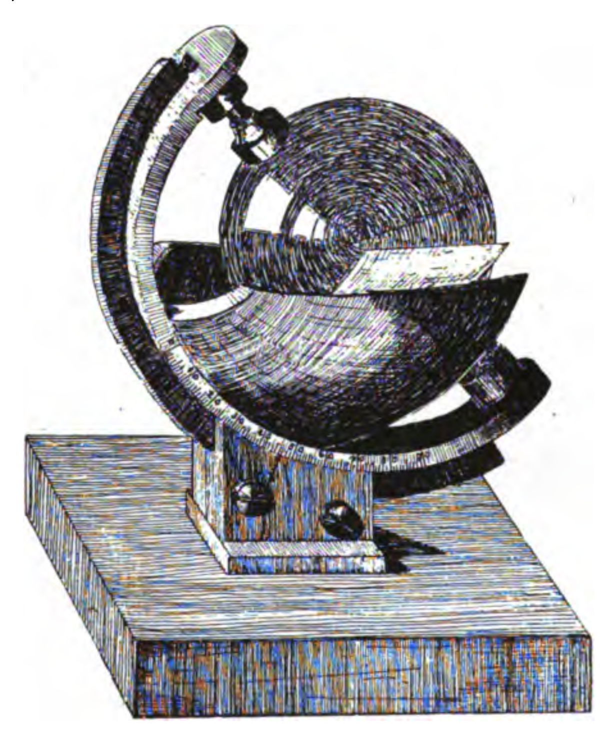


Fig. 5. Sonnenscheinautograph nach Campbell-Stokes

Sonnenscheindauer

Von hohem Einfluß auf die Temperatur ist die Sonnenscheindauer. Man mißt sie mit dem Sonnenscheinautographen von Campbell und Stokes (Fig. 5).

Sonnenscheinautograph

Das Prinzip des Apparates ist, daß die Sonne sich selber einzeichnet. Eine Glaskugel, die sehr vollkommen gegossen und ge-

---

[1]) J. Maurer, Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Schweizeralpen. Meteorol. Zeitschr., Heft 5, 1916, S. 193—99.

schliffen sein muß und daher teuer ist, dient dazu, das Sonnenlicht in einen Brennpunkt zu sammeln. In diesem Brennpunkt, der natürlich den Tag über wandert und eine Kreislinie beschreibt, muß sich jederzeit der Aufzeichnungsstreifen befinden. Zu diesem Behufe ist eine Metallführung angebracht, die den Aufzeichnungsstreifen am richtigen Ort hält. Um den verschieden hohen Sonnenständen des Jahres Rechnung zu tragen, sind in drei verschiedenen Höhen Führungen angebracht, eine Sommerführung, eine Frühlings-

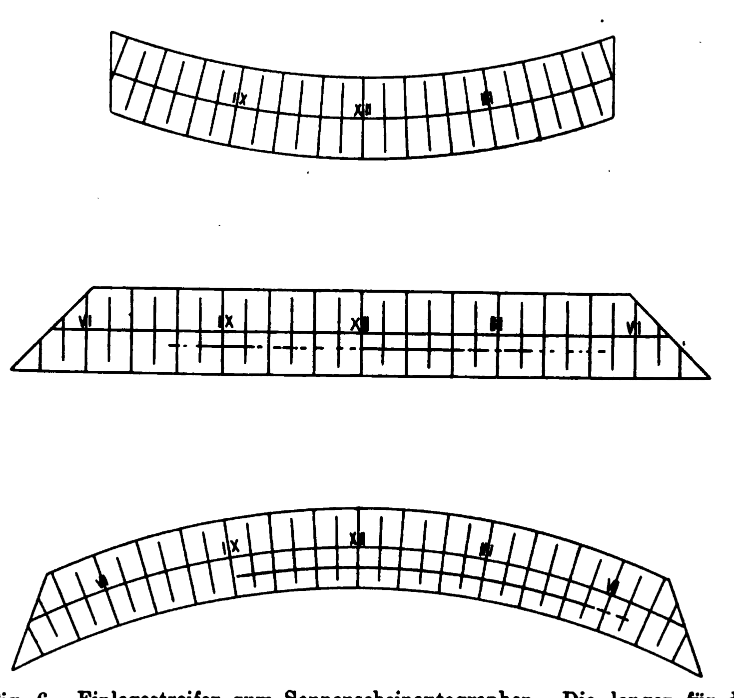


Fig. 6. Einlegestreifen zum Sonnenscheinautographen. Die langen für den Sommer, die mittleren für Frühjahr und Herbst, die kurzen für den Winter

und Herbstführung und eine Winterführung, denen drei verschieden gebogene und verschieden lange Kartonstreifen entsprechen.

Der Aufzeichnungsstreifen (Fig. 6) besteht aus Karton, der so präpariert ist, daß die im Brennpunkt gesammelten Sonnenstrahlen sich in das Papier einbrennen, eine schwarze Linie bis sogar ein Loch erzeugen, daß das Papier aber nie Feuer fangen kann. Das Glimmen erfolgt auch, wenn das Papier naß ist. Auf dem Streifen befindet sich eine Zeiteinteilung, man kann sagen ähnlich einer

Sonnenuhr. Man kann auf etwa fünf Minuten genau darauf ablesen, wie lange und zu welcher Tageszeit die Sonne geschienen hat.

Jeden Abend nimmt man den Tagesstreifen heraus und legt einen neuen für den folgenden Tag hinein, der hinten mit Datum und Stationsnamen versehen worden ist. Damit alle Streifen gleichmäßig eingeführt werden, hat der Apparat eine Marke, die sog. Mittagsmarke, auf die der Zwölfuhrstrich des Streifens eingestellt wird.

Die Aufstellung des Apparates muß an einem Ort geschehen, wo die Sonne ihn vom Aufgang bis zum Untergang bescheint. Er muß nach der Ortszeit eingestellt sein, also im Meridian und natürlicherweise nicht in der künstlichen mitteleuropäischen, westeuropäischen usw. Zeit. Die Mittagsmarke muß also im sog. „wahren Mittag“, dem Mittag des Meridianes beschienen sein. Im weiteren muß der Apparat genau wagrecht stehen, also mit Wasserwage ausprobiert sein, damit die Brennlinie dann auch wirklich sich in der Wagrechten des Streifens bewegt. Wenn der Apparat genau eingerichtet ist, wird er am besten eingegipst, damit er nicht Verschiebungen ausgesetzt ist.

Zur Bestimmung des wahren Mittags müssen zwei Korrektionen an der Uhrzeit vorgenommen werden. Einmal die Korrektion nach dem Längengrad der Station, je ein Grad bedingt eine Änderung von vier Minuten. Ein Blick z. B. auf den Atlas oder ein Klimabuch zeigt uns, daß Zürich 8° 33′ E-Länge hat; die mitteleuropäische Zeit ist die Zeit des 15. Grades, von dem Zürich um 6° 27′ westlich liegt, es hat also spätere Zeit um rund 26 Minuten (25′ 48″ = 25,8′). Erst wenn die Uhr 12^h 26 zeigt, ist Ortsmittag. Stockholm liegt bei 18° E, also um 3 Grad = 12 Zeitminuten E, am Ortsmittag zeigt die mitteleuropäische Uhr erst 11^h 48; Upsala 17° 38″, Ortsmittag 11^h $49{,}5^m$. Dies alles ist aber „mittlere Ortszeit“. Infolge der ungleichförmigen Bewegung der Erde ist die wahre Tageslänge im Laufe eines Jahres veränderlich. Der wahre Mittag verschiebt sich gegenüber dem mittleren Mittag des Jahres. Die Differenz ist die sogenannte „Zeitgleichung“. Nur viermal im Jahr stimmt die mittlere Zeit mit der wahren Sonnenzeit überein, Mitte April, Mitte Juni, Ende August und Weihnachten. Dazwischen variiert die Differenz bis zu zwei Maxima von + 14,6 Minuten und + 6,1 Minuten und zwei Minima von — 3,9 Minuten und — 16,2 Minuten. Das Zeichen + zeigt an, daß der wahre Mittag um den betreffenden Betrag später

eintritt als der mittlere. Die Zahlen der Zeitgleichung sind den Tabellen zu entnehmen z. B. in Billwillers Instruktionen [1])

Zürich:

		Wahrer Mittag		
am 1. Januar	um	$12^h + 25{,}8^m + 3{,}8^m$	$= 12^h\ 29{,}6^m$	M. E. Z.
„ 2. November	„	$12^h + 25{,}8^m - 16{,}2^m$	$= 12^h\ 9{,}6^m$	„
„ 10. Februar	„	$12^h + 25{,}8^m + 14{,}6^m$	$= 12^h\ 40{,}4^m$	„

Upsala

am 1. Januar	„	$12^h - 10{,}5^m + 3{,}8^m$	$= 11^h\ 53{,}3^m$	„
„ 2. November	„	$12^h - 10{,}5^m - 16{,}2^m$	$= 11^h\ 33{,}3^m$	„
„ 10. Februar	„	$12^h - 10{,}5^m + 14{,}6^m$	$= 12^h\ 4{,}1^m$	„

Ausmessung der eingebrannten Linien der Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer wird auf Monatskarten zusammengestellt, wovon nebenstehende Tabelle ein Beispiel gibt.

Von jedem Tag wird von jeder einzelnen Stunde der Sonnenschein angegeben. Auf dem Streifen sind die halben Stunden angegeben, durch Anlegen des Maßstabes lassen sich die halbstündigen Intervalle noch leicht in zehn Teile teilen, so daß man die Uraufzeichnungen in Zwanzigstelstunden macht, d. h. z. B. zwischen 5 und 6 Uhr schien die Sonne die ganze Zeit, also 1,00 Stunden, oder 0,50 Std., oder 0,20 bis hinunter zu 0,05, das einem kleinen eingebrannten Punkt entspricht. Aus der Monatstabelle ergeben sich 1. die Tagessummen, 2. die Monatssummen, 3. das Tagesmittel, 4. die Monatssummen der einzelnen Stunden, 5. die Monatsmittel der einzelnen Stunden, aus denen man bedeutendes über den täglichen Verlauf der Bewölkung herauslesen kann; ob einzelne Tagesstunden besonders bevorzugt oder benachteiligt sind, wie sich der Vormittag zum Nachmittag verhält, ob Pflanzen an einer Südwestwand ganz andern Sonnengenuß haben als an einer Südwand und dergleichen Fragen.

Allgemeines

Wo die Sonne länger scheint, herrscht natürlich auch mehr Wärme. Im kontinentalen Klima haben wir große Wärme und

---

[1]) Billwiller, Instruktionen für die Beobachter der meteorologischen Stationen der Schweiz. 2. Aufl., hsg. von der Schweiz. meteorolog. Zentralanstalt, Zürich 1893.

Beispiel einer Monats-Sonnenscheindauer-Tabelle
Berninahospiz, Mai 1906

	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	12—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	Total
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	0,50	0,35	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	10,95
3	—	—	0,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40	11,10
4	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,40	12,90
5	—	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,25	0 40	0,10	—	9,40
6	—	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	—	—	10,05
7	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	0,30	0,05	0,10	—	—	0,70	—	6,95
8	0,10	0,50	0,40	0,20	0,20	—	—	0,20	0,80	0,20	1,00	0,55	0,95	0,10	5,20
9	—	—	0,30	0,90	0,90	0,30	—	—	0,40	0,80	—	—	—	—	3,60
10	0,10	0,90	0,40	0,40	0,10	0,70	0,20	0,10	0,55	0,80	—	0,35	0,30	—	4,40
11	—	—	0,10	—	—	—	0,20	0,30	0,50	0,80	0,10	—	—	—	2,00
12	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	0,40	—	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60	10,80
13	0,25	1,00	1,00	1,00	0,75	0,90	0,90	1,00	1,00	0,80	1,00	0,60	0,80	0,40	11,40
14	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	1,00	0,30	—	—	—	—	8,70
15	0,25	0,85	1,00	0,20	0,70	0,10	—	0,20	0,80	0,70	0,20	—	—	—	5,00
16	—	—	—	0,50	0,70	—	—	0,10	0,30	0,05	0,50	0,15	—	—	2,30
17	—	0,60	0,80	1,00	1,00	0,95	0,40	0,60	—	0,20	0,90	0,10	—	—	6,55
18	—	—	—	—	—	—	—	0,40	0,40	0,20	—	—	—	—	1,00
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	0,40	0,90	0,90	1,00	1,00	0,90	0,90	0,30	—	—	6,30
22	—	—	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,30	—	9,40
23	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	13,60
24	0,50	0,50	0,70	0,60	—	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	2,40
25	—	—	—	0,40	0,30	1,00	1,00	0,60	1,00	1,00	0,15	0,15	0,60	0,70	6,90
26	0,60	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	—	—	11,40
27	—	—	—	—	—	0,30	0,90	0,50	0,10	0,20	—	0,30	0,10	—	2,40
28	—	—	—	—	—	0,20	—	0,10	0,70	0,20	1,00	1,00	1,00	0,90	5,10
29	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85	0,90	1,00	1,00	0,90	0,70	0,30	0 20	11,60
30	—	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90	0,80	0,30	0,20	—	—	9,00
31	—	—	—	—	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,30	9,00
Summe	5,05	14,30	15,85	18,00	18,95	19,25	17,35	17,70	19,50	18,35	16,20	12,85	10,95	5,10	209,40
Mittel	0,16	0,46	0,51	0,58	0,61	0,62	0,56	0,57	0,63	0,59	0,52	0,41	0,35	0,16	6,75

Kälte, im ozeanischen geringe Unterschiede. Dies gelangt in der Sonnenscheindauer und ihrem Gegenteil, den Nebelverhältnissen und der Wolkenbildung zum Ausdruck, indem die ozeanischen Gegenden mehr Sonnenscheinbedeckung haben als die kontinentalen. Im selben Gebiet haben wir mit der Höhe einen starken Wechsel. In Zürich zeigt der Winter ein Minimum von Sonne, in Zürich z. B. herrscht im Dezember und Januar im Mittel nur 19 und 18% des möglichen Sonnenscheins; der Sommer zeigt ein Maximum im Juli und August mit 54 resp. 58% (Jahresdurchschnitt 43%). Die Gebirgsgipfel, die hoch und zudem ozeanisch sind, zeigen gerade das Umgekehrte: Säntis November 51%, Mai und Juni 36% (Jahresdurchschnitt 42%).

Das kontinentalere und doch hoch gelegene Engadin zeigt in St. Moritz eine konstant hohe Sonnenscheindauer (Jahresdurchschnitt 51%; Davos 54%) mit einem kleinern Maximum (50%) im Winter und einem größern im Sommer (61%) und Depressionen im Frühjahr (Mai 48%) und Herbst (November 46%). Aber auch dieses Minimum von 46%, wie viel höher ist es als die Minima von 18% in Zürich oder in London, das mit 26% einen 17% geringern Jahresdurchschnitt hat als Zürich. Zwei ausgesprochene Minima im Frühjahr und Herbst und zwei Maxima im Sommer und Winter zeigt die Südschweiz, Insubrien (Lugano Jahresdurchschnitt 59%). In den Vereinigten Staaten von Nordamerika genießt der größte Teil des Landes, mit kontinentalem Klima verbunden, 50 bis 60% der möglichen Sonnenscheindauer, in der Wüste des untern Colorado geht es bis über 80%. Der sehr ozeanische Nordwesten am Puget Sound im Staate Washington geht bis unter 30% herunter, dort herrschen neun Monate Nebel und Regen.

Pyrheliometer

Alle Sonnenstrahlen haben die Fähigkeit, ihre Energie als Wärmeenergie auf den absolut schwarzen Körper zu übertragen. Diese Energie als Kalorien zu messen, haben schon viele Forscher versucht. Die internationale Vereinigung zur Sonnenerforschung hat auf einer Oxforder Konferenz ein Instrument als Normalinstrument für Wärmestrahlungsmessungen der Sonne erklärt. Es ist dies das von K. Ångström konstruierte Kompensations-Pyrheliometer.

Auf diese komplizierten physikalischen Instrumente kann hier nur kurz eingetreten werden. Die Originalbeschreibung ist zu

finden in Wiedemanns Annalen Band 67 (1899) S. 633—648, eine kurze Beschreibung gibt Dorno, Die Sonnenstrahlung, Handbuch d. Balneologie, Mediz. Klimatologie und Balneographie Band I, S. 517.

Im Ångströmschen Kompensations-Pyrheliometer sind zwei gleiche geschwärzte Manganinstreifen derart nebeneinander montiert, daß abwechselnd bald der eine, bald der andere bestrahlt werden kann, während man dem beschatteten die gleiche Wärmemenge durch einen elektrischen Strom zuführt. Die Übereinstimmung der Wärmemengen kann mittels eines auf der Rückseite der Manganinstreifen befestigten Thermoelementes festgestellt werden. Aus der gemessenen Stromstärke ergibt sich unter Berücksichtigung von Flächengröße, Widerstand und Absorptionsgröße der Streifen die pro Zeiteinheit zugeführte Kalorienzahl. Die maximale Fehlergrenze beträgt 2—5 %[1]).

Eine vorzügliche Ergänzung zu Ångströms Pyrheliometer bildet Michelsons Lamellen-Aktinometer.

Es besteht aus einer sehr feinen geschwärzten bimetallischen Lamelle aus Platinkupfer, deren Verbiegung die Intensität der einwirkenden Wärmestrahlung angibt. Durch Spiegelung wird die Größe der Verbiegung auf eine Okularmikrometerskala übertragen und die den Skalateilen entsprechenden Sonnenintensitätswerte durch Vergleich mit dem Ångströmschen Pyrheliometer festgelegt. Das Instrument ist also nur nach vorhergehender Eichung durch das Ångströmsche Pyrheliometer verwendbar. Die Eichung muß von Zeit zu Zeit wiederholt resp. kontrolliert werden. Dagegen hat das Michelsonsche Aktinometer den Vorteil der Handlichkeit, steten Gebrauchsfertigkeit und Widerstandsfähigkeit. Die maximale Fehlerquelle betrug bei monatlicher Eichung 4 %. Dorno hat in Davos die meisten Messungen mit diesem bequemen Aktinometer ausgeführt, das gestattet, den Einfluß schnell wechselnden Dunstes, Nebels und leichter Wolken auf die Sonnenintensität von Auge zu verfolgen.

112. Das Licht

Das Licht ist wie Wärme und Feuchtigkeit für die Pflanzen von grundlegender Bedeutung. Die Verteilung des Lichtes auf der

[1]) Das Instrument gestattet die direkte Ablesung der Wärmeintensität in Grammkalorien pro Minute und cm², da die Division durch die Zeit im Apparat automatisch erfolgt.

Erde ist im Gegensatz zur Wärmeverteilung eine gleichmäßigere in dem Sinne, daß der Himmel nirgends so starke oder so geringe Lichtmengen ausstrahlt, daß sie der Pflanzenwelt tödlich wären. Daher ist der Einfluß des Lichtes nicht so auffällig, das Licht wurde nie allein zur grundlegenden Einteilung der Pflanzengesellschaften verwendet. Das Licht der roten Hälfte des Spektrums ist für die Assimilation das Wichtigste, die chemischen Strahlen für den Wuchs. Geringe Lichtmenge erzeugt im allgemeinen Streckung der Glieder und starke vegetative Ausbildung; es werden viele Blattorgane erzeugt und diese dünn gebildet, um durch Oberflächenvergrößerung das wenige Licht auszunützen. Die Stauden des schattigen Waldinnern tragen meist Schattenblätter mit dünnen Spreiten. Auch die Föhrenzapfen zeigen dasselbe. Arnold Engler (Zürich)[1]) hat gezeigt, daß die Lichtverhältnisse einen deutlich wahrnehmbaren Einfluß auf die Apophysenform und die ganze Gestalt des Zapfens ausüben (S. 257). „An gut beleuchteten Zweigen entwickeln sich Zapfen mit dicken, kräftigen Schuppenschildern, die, wenn auch die forma plana vorherrscht, doch häufig deutliche Annäherungen an die gibba- oder reflexa-Form zeigen, während die Apophysen beschatteter Zapfen desselben Baumes dünner und vollständig plan sind“ (S. 260). „Die dicke, wulstige, zitzen- und hakenförmige Gestalt der Apophysen kann demnach nicht als spezifisches Merkmal von *Pinus silvestris* var. *engadinensis* Heer gelten, und es darf überhaupt diese Eigenschaft der Zapfen nicht als Varietätenmerkmal aufgefaßt werden, insofern man unter Varietät eine besondere Form mit erblich fixierten Eigenschaften versteht. Die im Oberengadin vor fünfzig Jahren angebauten, aus Süddeutschland stammenden Föhren tragen nämlich, wie ich mehrmals konstatieren konnte, ganz gleich geformte Zapfen mit stark verdickten Schuppenschildern wie die spontane Engadinerföhre.“ Die Apophysenform wechselt am selben Baum nicht selten mit den Jahrgängen infolge der verschiedenen Witterung während der Fruchtreife. Höhere Lage über Meer und höhere Breiten haben Verdickung der Apophysen zur Folge. Die Zapfenschuppen nehmen also in nordischen und alpinen Lagen den Typus von Lichtblättern an. Arnold Engler folgert, daß die Zapfenform nicht

---

[1]) Arnold Engler, Einfluß der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. d. Schweiz. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. Zürich 1913. Bd. X, 3. Heft, S. 191—386.

zur Aufstellung von Varietäten, Rassen oder Spielarten von *Pinus silvestris* benutzt werden könne.

Intensives Licht erzeugt die aus den Alpen so bekannte Blütenpracht, die Blüte tritt gegen das Blatt viel mehr hervor und auch ihre Farben sind durch das Licht beeinflußt. Die Ordnung der Verzweigung wird eine höhere. Da die Lichtstrahlung immer mit Wärmestrahlung verbunden ist und diese die Transpiration erhöht, muß auch sie anders geregelt sein als an Schattenstellen. Überhaupt ist die Ökologie eine ganz verschiedene, ob die meisten Pflanzen einer Gesellschaft das Licht erhalten wie die Einöden und Wiesen, oder ob nur die dominierenden Pflanzen, die Bäume und Sträucher das volle Licht genießen, während der Großteil der Pflanzen, der Unterwuchs, mit sehr gedämpftem Licht vorlieb nehmen muß. Bei dieser ganz verschiedenen Ökologie ist es daher nicht angezeigt, wie es hier und da geschieht, einen Wald mit einer Wiese in dieselbe Formation einzureihen.

Lichtmeßapparate[1]) haben sich relativ spät entwickelt. Da das Licht aus Strahlen ganz verschiedener Wellenlänge besteht, ist es als Ganzes fast nicht zu fassen. Die genauesten Messungen beruhen daher auf dem Spektroskop, indem man das Licht zerteilt und die Strahlen der einzelnen Wellenlängen mißt, doch gibt dies einerseits eine Menge Einzelzahlen, aus denen eine Abstraktion schwierig ist, andererseits sind es große Apparate, die für eine Station sehr wichtig sind, aber schwer benutzbar für den Geobotaniker, der die Lichtintensitäten ungezählter Pflanzenfundstellen braucht. Hierfür verwendbar ist die von Wiesner vereinfachte Bunsen-Roscoe-Methode, die auf der Schwärzung von Chlorsilberpapier beruht und alle gemessenen Intensitäten auf eine festgelegte Einheit der Papierschwärzung, die Bunseneinheit bezieht. Mit Chlorsilber werden nur die chemisch wirksamen Strahlen gemessen, doch sind ja diese als Gestalt bestimmend in der ökologischen Geobotanik die Hauptsache.

Wiesnersche Methode

Die Bunsen-Roscoe-Methode ist von Wiesner bedeutend vereinfacht worden. Das Prinzip beruht darauf, die chemische

[1]) E. Rübel, Untersuchungen über das photochemische Klima des Berninahospizes. Lichtklimatische Studien, I. Abh. Vierteljahrsschr. der naturf. Ges. Zürich, 53. Jahrg. 1908, S. 207—280.

Lichtintensität durch Schwärzung von lichtempfindlichem Chlorsilberpapier zu messen. Bunsen und Roscoe hatten gefunden, daß innerhalb weiter Grenzen gleichen Produkten aus Beleuchtungsdauer und chemischer Intensität des Lichtes gleiche Schwärzungen ihres Papieres entsprachen.

Um vergleichbare Resultate zu erhalten, schufen sie einen Normalton, ein Normalpapier und eine Einheit[1]). Den Normalton erhielten sie auf folgende Weise: Ein Teil bei Luftabschluß geglühter Lampenruß wird mit 1000 Teilen Zinkoxyd gemischt. Es ergibt sich ein lichtes Taubengrau. Die Herstellung dieses innigen Gemenges begegnet bedeutenden Schwierigkeiten, die Wiesner genau beschreibt.

Das Normalpapier erhält man auf folgende Art: Das Papier wird während 3 Minuten in einer 3 %igen, chemisch reinen Kochsalzlösung gebadet und zum Trocknen aufgehängt. Das so gesalzene Papier ist haltbar. Vor dem Gebrauch wird das Papier gesilbert, indem man es 2 Minuten lang auf einer 12 %igen Silbernitratlösung schwimmen läßt und zum Trocknen aufhängt. Das

---

[1]) Wiesner, J., Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete.

I. Orientierende Versuche über den Einfluß der sog. chemischen Lichtintensität auf den Gestaltungsprozeß der Pflanzenorgane. Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissenschaften Bd. 102, 1893.

II. Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien, Kairo und Buitenzorg. Ebenda Bd. 104, 1895.

III. Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen im arktischen Gebiete. Ebenda Bd. 109, 1900.

IV. Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse. Ebenda Bd. 113, 1904.

V. Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen im Yellowstonegebiet und in andern Gegenden Nordamerikas. Ebenda Bd. 114, 1905.

Wiesner, J., Untersuchungen über das photochemische Klima.

I. Unters. ü. d. ph. Kl. von Wien, Kairo und Buitenzorg, unter Mitwirkung von W. Figdor, F. Krasser und L. Linsbauer. Denkschriften der k. Akad. der Wissensch. in Wien Bd. 44, 1896.

II. Beiträge zur Kenntnis d. ph. Kl. im arktischen Gebiet. Ebenda Bd. 67, 1898.

III. Beiträge zur Kenntnis d. ph. Kl. d. Yellowstonegebietes und einiger anderer Gegenden Nordamerikas, unter Mitwirkung von L. v. Portheim. Ebenda Bd. 80, 1906.

Wiesner, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig, Engelmann, 1907.

Schwab, P. F., Über das photochemische Klima von Kremsmünster. Denkschr. d. k. Akad. d. Wissensch., math.-nat. Cl. Bd. 74, 1904.

Silbern kann bei Kerzenlicht vorgenommen werden, das länger andauernde Trocknen hingegen muß in dunklem Raum geschehen.

Wiesner benutzte Rives 8 Kilo-Papier, jedoch kann auch jedes andere gute Papier verwendet werden; Bunsen und Roscoe zeigten, daß die Dicke des Papieres nicht in Betracht kommt, aber bei einem zu dünnen ist zur Beseitigung der Diaphanität eine weiße Unterlage nötig. Die Kochsalzlösung muß stets 3 %ig sein, ein anderer Gehalt verändert die Resultate, die Lösung behält aber beim Gebrauch die gleiche Konzentration bei. Die Silbernitratlösung darf 8—12 % $AgNO_3$ enthalten, von einer 12 %igen kann man $^2/_3$ verbrauchen, bevor sie unter 8 % sinkt. Die Einwirkungsdauer fanden Bunsen und Roscoe zwischen $^1/_4$ und 8 Minuten ohne Einfluß auf die Empfindlichkeit.



Fig. 7. Wiesnerscher Handinsolator

Dieses Normalpapier hat den schweren Nachteil, daß es nur 16—20 Stunden bei unveränderter Empfindlichkeit bleibt und nachher rasch abnimmt; es muß also jeden Tag frisch bereitet werden.

Bei hohen Lichtintensitäten ist die Zeit zur Schwärzung des Normalpapiers bis zur Farbe des Normaltons eine zu geringe, um genau gemessen zu werden. Für diese Fälle hat Wiesner empirisch einen Ton hergestellt, der in der 10fachen Zeit erreicht wird und auch Zwischentöne, die nunmehr bezogen werden können.

Die Beobachtungen werden mit dem Wiesnerschen Handinsolator (Fig. 7) gemacht. Dieser besteht aus einem schwarzen Brettchen von ca. 8 cm Breite, 10 cm Länge und ca. $^1/_2$ cm Dicke. Das Brettchen ist mit schwarzem Papier in der Weise überzogen, daß man von einer Seite, wie es etwa bei Photographierahmen der Fall ist, Papier einführen kann. Quer hinüber zieht sich ein Schlitz, in welchem die Exposition stattfindet. Normalton und Zehnertonstreifen werden zwischen Brettchen und Papier eingeführt und zwischen diese beiden ein Streifen Normalpapier.

Damit ist der Insolator zum Gebrauche bereit. Will man beobachten, so hält man den Insolator horizontal möglichst weit vom eigenen Körper weg und nicht zu tief, damit nicht ein beträchtlicher Teil des Lichtes abgehalten werde. Mit einiger Übung kommt man bald so weit, den Insolator so zu halten, daß der Fehler, der durch das Abhalten von Licht durch den eigenen Körper entsteht, weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt.

Im Moment, in dem man das dunkel gehaltene Normalpapier dem Licht aussetzt, setzt man einen Chronographen in Gang, der die Zeit in Fünftelsekunden anzeigt. Im Moment, in dem das Normalpapier den Normalton erreicht hat, d. h. in dem man gar keinen Unterschied zwischen Normalpapier und Normalton sehen kann, stoppt man den Chronographen, an dem man nun die Zeit auf Fünftelsekunden genau ablesen kann. Ist die Zeit zur Erreichung des Normaltons zu kurz, um genau gemessen zu werden, so fährt man mit Beobachten einfach fort, bis der Zehnerton erreicht ist. Hat man keinen Chronographen, so zähle man die Schläge einer Taschenuhr, da das Ticken auch in Fünftelsekunden geschieht.

Die Genauigkeit der Zeitmessung ist also eine Fünftelsekunde. Ist nun die Einwirkungsdauer eine Sekunde, so ist der maximale Zeitfehler 20 %, wartet man dagegen bis zur Erreichung des Zehnertons, so ist der Fehler nur noch 2 %; bei 4″ Belichtungsdauer ist der Fehler einerseits 5 %, andererseits 0,5 %. Diese 0,5 % bei 40″ werden aber dadurch erhöht, daß das menschliche Auge bei dieser langsamen Farbenveränderung nicht mehr auf eine Fünftelsekunde den Moment der Gleichfarbigkeit bestimmen kann. Man wird gut tun, bei hohen Lichtintensitäten den Zehnerton zu benutzen und den Normalton erst, wenn die Belichtungsdauer 4″ erreicht.

Den Fehler der Methode hat Wiesner zu $\pm$ 5 % berechnet. Das Erkennen des Moments der Übereinstimmung der Farbe des Normalpapiers und Normaltons erfordert einige Übung, leichter ist es bei monochromatischem Licht. Zu diesem Zweck legt man zur Ablesung ein möglichst monochromatisches gelbes Glas über die Töne. Ist die Schwärzung noch nicht erreicht, so belichtet man weiter, unter Abzählung der Zeit, die man bedeckt gehalten hatte.

Ein schwerer Übelstand ist die geringe Dauerhaftigkeit des Normalpapiers. I. M. Eder[1]) ist es gelungen, das Papier haltbar

---

[1]) Eder und Valenta, Beitr. zur Photochemie II, 1904, S. 30.

zu machen. Dazu wird das frisch gesilberte Papier mehrmals in destilliertem Wasser gewaschen und dann 5 Minuten in eine Lösung von 1 Teil K_2SO_3 und 20 Teilen Wasser untergetaucht gehalten und hierauf getrocknet. Es hat nun allerdings nicht mehr die gleiche Empfindlichkeit wie Normalpapier, sondern etwa 0,84 davon, aber dafür bleibt es monatelang gleich. Man tut gut, den Reduktionsfaktor gleich nach der Herstellung des Papiers zu bestimmen.

Dieses Papier entspricht dem von Bunsen und Roscoe festgestellten Gesetz, daß für gleiche Schwärzungen des Papiers sich die Lichtintensitäten umgekehrt wie die zur Hervorbringung dieser Schwärzung erforderlichen Zeiten verhalten,

$$\text{also } J : J_1 = t_1 : t,$$

so daß zweifache Schwärzungsdauer wirklich der halben Intensität entspricht, dreifache Dauer $^1/_3$ der Intensität.

Will man sich die Mühe der Herstellung ersparen, so kann man käufliche Photopapiere verwenden. Man muß dann aber kontrollieren, ob sie dem obigen Gesetz entsprechen und darauf durch Vergleich mit Normalpapier den Umrechnungsfaktor bestimmen. Es erweist sich dabei, daß dieselbe Papierart nicht immer die gleiche Empfindlichkeit zeigt, wohl aber das Papier innerhalb eines Paketes, da es aus der gleichen Emulsion stammt.

Ein anderer Übelstand dieser Papiere ist ferner, daß ihre Schwärzungen so stark bräunliche, rötliche oder violette Töne haben, daß der Vergleich mit dem Normalton sehr schwer, wenn nicht unmöglich gemacht wird. Dies sogar wenn die Gelbscheibe darüber gelegt wird, da es sehr schwierig ist, ein genügend monochromatisches gelbes Glas zu finden.

Eder in Wien bringt nun solche zu Meßzwecken hergestellte Papiere in den Handel, die haltbar sind. Sie können geeicht bezogen werden, d. h. mit bekanntem Umrechnungsfaktor. Sie entsprechen nämlich nicht dem Einer- oder Zehnerton, sondern einem dazwischenliegenden.

Statt dem offenen Holztäfelcheninsolator, in den jedes einzelne Streifchen Normalpapier im Dunkeln eingeschoben werden muß, hat V. Vouk[1]) in Wien einen verbesserten Apparat (Fig. 8) hergestellt, der 400 Messungen hintereinander möglich macht, ohne neues Papier einzufügen. Er funktioniert genau wie eine Rollfilmkamera.

---

[1]) V. Vouk, Ein verbesserter, neuer Wiesnerscher Insolator zur Bestimmung des Lichtgenusses. Ber. d. Deutschen bot. Ges. 1912, XXX, S. 391—394.

Gefüllt wird der Apparat mit einem 4 m langen, 1 cm breiten Streifen Bunsen-Eder-Papier, also einer ähnlichen Spule wie der Telegraph besitzt, nur kleiner.



Fig. 8. Voukscher Insolator

Wynnes Infallible Exposuremeter und Präzisionsbelichtungsmesser Müller und Vaucher

Bequemer als die besprochenen Apparate sind die käuflichen Belichtungsmesser, die zu photographischen Zwecken in großen Massen im Handel sind (Fig. 9). Ein Vorteil der für diese Apparate bestimmten Chlorsilberpapiere ist die Farbe. Es sind nicht mehr



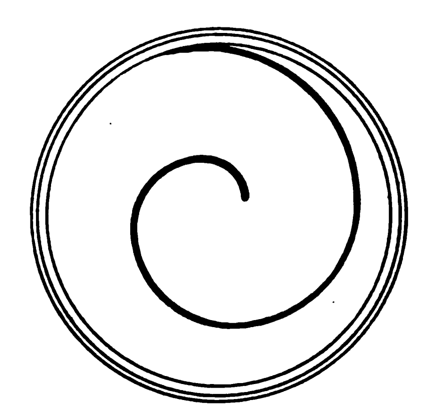


Fig. 9. Wynnes Infallible Insolator

die rötlichen, bräunlichen und violetten Töne, die es so schwer machen, beim Vergleichen den richtigen Moment zu treffen, sondern es sind grüne Töne. Die Normaltöne im Apparat bestehen in einem intensiv grünen Ton und einem lichtergrünen, der genau im Viertel der Zeit des anderen erreicht wird. Das empfindliche Papier geht beim Belichten über lichtgrün und dunkelgrün bis zu schwarz. Der Durchgang durch das Normalgrün ist fürs Auge sehr scharf beobachtbar. Der Apparat hat die Form einer Taschenuhr. Die hintere Schale ist drehbar. Durch eine daran befestigte Feder drückt sie ein Wolltuch, vor welchem eine runde Scheibe lichtempfindlichen Papiers liegt, an eine vordere Metallplatte. In dieser ist ein kleiner Ausschnitt, durch welchen das lichtempfindliche Papier auf der Oberseite dem Licht ausgesetzt wird. Links und rechts dieses kleinen Schlitzes sind konstante Farbtöne. Das ganze ist mit einem Glas bedeckt. Beim Drehen der hinteren Metallplatte wird das Papier mitgedreht, so daß immer neue Partien vor den Schlitz gebracht werden, so daß man mit einem Papierscheibchen etwa 20—30 Belichtungen machen kann.

Auch bei diesem erwiesen sich die Papierscheibchen eines Paketes untereinander gleich lichtempfindlich, aber verschieden in verschiedenen Paketen. Dieses Papier ist sehr haltbar, wie ich durch immer wiederholtes Vergleichen mit Normalpapier feststellen konnte. Die Zeitdauer der nötigen Belichtung liegt zwischen Normalton und Zehnerton, also wie die Eder-Papiere[1]). Mit diesem Papier habe ich den größten Teil meiner Messungen angestellt, unter Anwendung sehr häufiger Parallelmessungen mit Normalpapier. Außerdem wurde jedes Papierscheibchen vor und nach Gebrauch mit Normalpapier kontrolliert, so daß die Resultate auf dieselbe Genauigkeit Anspruch machen können, wie diejenigen mit Normalpapier. Daß das Papier durch Glas geschützt ist, hat den Vorteil, daß man auch bei Regen und Schnee gut beobachten kann. Allerdings kann das Glas auch zur Fehlerquelle werden, indem es Strahlen absorbiert, die dann nicht zur Wirkung auf das Papier kommen. Meine darüber angestellten Versuche haben ergeben, daß tatsächlich eine Abschwächung der Intensität eintritt, daß diese aber so gering ist, daß sie weit innerhalb der Fehlergrenzen der Methode bleibt und daher nicht in Betracht gezogen werden muß.

---

[1]) Die Umrechnungsfaktoren, die ich für die meisten der Paketchen fand, sind 0,55 und 0,32; in vereinzelten Lieferungen fand ich auch 0,40 und 0,61.

Ähnlich Wynne sind die Belichtungsmesser von Müller und Vaucher in Biel. Eine kleine Verbesserung bedeutet, daß man nicht mehr zum Verdunkeln den Finger auf den Schlitz halten und um ungefähr Schlitzbreite drehen muß, sondern durch Knopfdruck im Moment das frische Papier in richtiger Breite unter den Belichtungsschlitz geführt wird. Weniger vorteilhaft daran ist, daß man nirgends sehen kann, ob der Apparat noch für mehr oder weniger Messungen gefüllt ist.

Der Graukeilphotometer von Eder-Hecht[1])

Dieser Graukeilphotometer bedeutet einen weiteren Ausbau der Lichtmessungen mit Bunsen-Roscoe-Normalzahlen. Das photographische Papier wird nicht wie beim Handinsolator direkt dem Licht ausgesetzt und die Zeit bestimmt, bis es eine bestimmte Schwärzung annimmt, sondern es wird durch verschieden dunkle



Fig. 10. Graukeil von Eder-Hecht

Schichten belichtet und bei fest angenommener Zeit abgelesen, wie weit das Licht durchdringen konnte.

Der Graukeil (Fig. 10) besteht aus einer Glasplatte von 16 cm Länge, 3 cm Breite, die eine fortschreitende Schwärzung von hell am einen Ende bis ganz dunkel am andern Ende aufweist. Diese Färbung ist erzeugt durch Eingießen von neutralgrauschwarz gefärbter Gelatine zwischen zwei schwach gegeneinander geneigte Glasplatten. Darüber ist eine Zelluloiddecke gelegt, die von 2 zu 2 mm schwarze Striche trägt, die Zehner hervorgehoben durch Zahl und Zeichnung. Unter diesen Graukeil kommt der zu belichtende Papierstreifen zu liegen. Graukeil und Papier kommen in einen bequemen Holzrahmen nach Art photographischer Kopierrahmen (Fig. 11), hinten durch Holzdeckel und federnde Spangen ge-

[1]) Von den verschiedenen Veröffentlichungen darüber sei besonders hervorgehoben: I. M. Eder, Ein neues Graukeilphotometer für Sensitometrie, photographische Kopierverfahren und wissenschaftliche Lichtmessungen. Halle, Wilhelm Knapp 1920.

schlossen. Vorn ist der Apparat durch einen Aluminiumschieber geschlossen. Zur Belichtung zieht man rasch den Schieber heraus, nach einer bestimmten Zahl Sekunden schiebt man wieder zu. An ziemlich dunkelm Ort nimmt man das Papier heraus, die Wirkung des Lichtes hat sich auf ein größeres oder kleineres Stück des Streifens erstreckt. Das Papier hat eine Schwärzung erfahren, die lichtundurchlässigen Skalenlinien der Zelluloidplatte sind weiß darauf abgebildet. Man bestimmt nun den letzten eben noch sichtbaren Skalenstrich und zählt die Entfernung vom Streifenanfang ab (erleichtert durch die miteingedruckten Zehnerzahlen). Jedem Apparat ist eine Tabelle mitgegeben, in der zu jedem Skalenteil die absolute Lichtmenge in Bunsen-Roscoe-Einheiten angegeben ist, die ihn eben noch sichtbar erscheinen läßt. Teilt man diese Zahl dann durch die Anzahl der Sekunden, die belichtet worden sind, so erhält man die Bunsen-Roscoe-Zahl in einer Sekunde, also

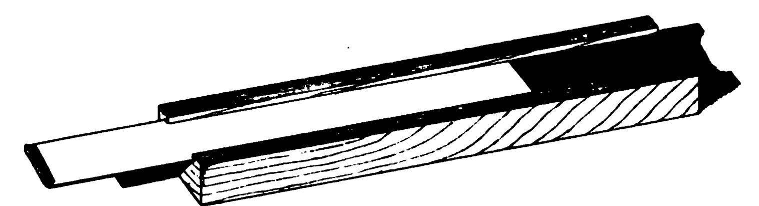


Fig. 11. Einlegekasten für den Graukeil von Eder-Hecht

die gewünschte Lichtintensität. Vorausgesetzt ist dabei, daß man Papier verwandte, das genau dem Normalpapier entsprach. Das käufliche Papier ist meist nicht genau normal, dann ist noch mit dem darauf angegebenen Faktor zu reduzieren.

Die Apparate kommen in drei Keildichten in den Handel[2]), recht schnell dichter werdende Keile für sehr starke Lichtintensitäten mit hoher Keilkonstante (Dichtezunahme auf 1 cm Länge), nämlich 0,40, mittlere mit Keilkonstante 0,30 und hellere mit Keilkonstante 0,19. Letztere wird man für die laufenden Intensitätsmessungen fast immer benutzen, die dunkeln mehr für Lichtsummenmessungen.

Beispiel

Nach 10″ Belichtung in der Sonne (also J_g) sei 52 der letzte sichtbare Strich, das entspricht nach den Tabellen 5,025 Einheiten. Die Papierkonstante des angewandten Papiers ist 1,1; dann ist

[1]) Von der Photographischen Industriegesellschaft Herlange in Wien III, Hauptstraße 95.

$$J_g = \frac{5,025}{1,1 \times 10} = 0,457 \text{ oder } 457.$$

Um dieselbe Zeit ergab eine Belichtung von 10″ im Schatten als letzten sichtbaren Strich 38; das entspricht nach der Tabelle 2,805:

$$J_g = \frac{2,805}{1,1 \times 10} = 0,255 \text{ oder } 255.$$

Graukeilsensitometer von Eder-Hecht

Dieses Instrument dient weniger den fortlaufenden Untersuchungen, als der Prüfung der verwendeten Platten und Papiere. Es besteht aus einem ähnlichen Graukeil, aber im Format 9 × 12, so daß man photographische Platten direkt darin zur Belichtung verwenden kann. Da der Graukeil breit ist, kann nebeneinander Papier von bekanntem Reduktionsfaktor mit zu prüfendem Papier eingelegt werden, so daß man den Faktor irgend eines käuflichen Papiers damit bestimmen kann. Unter einem Teil des Graukeiles sind rote, gelbe, grüne und blaue Lichtfilter angebracht, um Empfindlichkeitszahlen von Platten gegen farbiges Licht zu erhalten. Absolute Helligkeitsprüfungen kann man mit der bekannten Hefnerschen Amylazetatlampe als Normallichtquelle anstellen.

Das Tageslicht

Ebensowenig wie der Gang der täglichen und jährlichen Temperatur aus dem Sonnenstand ausgerechnet werden kann, vermag man auch nicht die Lichtintensitäten der verschiedenen Regionen daraus abzuleiten. Dies wäre nur möglich, wenn keine Atmosphäre vorhanden wäre; dann unterläge die Erde dem solaren Klima. Die Atmosphäre schafft das wirklich vorhandene Klima, das empirisch durch Messungen bestimmt werden muß.

Das Sonnenlicht wird durch die Atmosphäre verändert; nur ein Teil erreicht die Erdoberfläche als eigentliches Sonnenlicht, es ist dies das „direkte Sonnenlicht“. Ein großer Teil wird zerstreut und erreicht die Erde als „diffuses Licht“. Das direkte Licht wirkt also nur, wo und während die Sonne scheint, das diffuse aber überall und jederzeit, wo überhaupt Helligkeit herrscht. Im Schatten haben wir nur diffuses Licht, in der Sonne kommt das direkte noch hinzu, wir haben da das Gesamtlicht oder, wie es Wiesner auch nennt: das gemischte Sonnenlicht. Dieses Gesamtlicht eines Ortes mißt man, wenn man den Apparat in der Sonne hält. Zur Beobachtung des diffusen Lichtes muß das direkte Sonnen-

licht vom Papier abgehalten werden. Dazu nimmt man einfach den Schatten des eigenen Kopfes, da der Fehler, welcher durch diesen großen schattenwerfenden Körper, der noch einen kleinen Teil des diffusen Lichtes wegnimmt, entsteht, sich innerhalb der Fehlergrenzen der Methode hält.

Die Differenz zwischen dem Gesamtlicht und dem diffusen Licht ist das direkte. Man bezeichnet das Gesamtlicht mit J_g, das diffuse mit J_d und das direkte Sonnenlicht mit J_s.

Lichtintensität

Die Lichtintensität wird angegeben durch einen Bruch: eins dividiert durch die Anzahl Sekunden, die nötig sind zur Erreichung des Normaltons durch das Normalpapier. 1 bedeutet also, daß in einer Sekunde der Normalton erreicht ist; 0,5 in 2 Sekunden usw. Statt nun 1,000 zu schreiben und immer mit 3 Dezimalen zu rechnen, nehme ich die Einheit, wie Schwab es auch tut, als 1000.

Will man die Belichtung eines bestimmten Blattes studieren, so hält man den Apparat wie das Blatt liegt, für allgemeine Messungen ist dagegen angenommen, daß man den Apparat stets wagerecht hält.

Es ist wichtig, daß man bei jeder Lichtmessung angibt:
die Sonnenbedeckung,
die Himmelsbedeckung,
die Zeit, aus der sich die Sonnenhöhe berechnen läßt.

Für Bewölkung und Sonnenbedeckung wird allgemein von den Meteorologen folgende Skala angewendet:

Für die Bewölkung die Zahlen 0—10,
0 bedeutet vollkommen wolkenlos,
1 = $^1/_{10}$ des Himmelsgewölbes bewölkt,
2 = $^2/_{10}$ „ „ „ ,
10 = vollständig bedeckt.

Als Exponent kann man noch die Dichte der Bewölkung angeben: 0 = dünne Wolken, 1 = dichtere, 2 = ganz dichte Wolken.

Zur Bezeichnung der Sonnenbedeckung bedeutet:
S_0 = Sonne vollständig bedeckt, so daß der Ort, wo sie sich befindet, nicht erkennbar ist;
S_1 = Sonne nur als heller Schein am Himmel erkennbar:

S_2 = Sonnenscheibe sichtbar, aber noch keinen Schatten werfend;

S_3 = Sonne nur durch Schleier verdeckt;

S_4 = Sonne vollkommen frei erscheinend.

Die Berechnung der Sonnenhöhe ist etwas beschwerlich. Sie geschieht nach der Gleichung:

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t,$$

worin h die gesuchte Sonnenhöhe ist,

φ die geographische Breite des Meßortes,

δ die Sonnendeklination,

t der Stundenwinkel.

Als Zeit kann man natürlich nicht irgendeine gesetzlich festgelegte bürgerliche Zeit nehmen, nach der richtet sich die Sonne nicht, sondern es muß Ortszeit sein, die man noch nach der Zeitgleichung korrigiert.

Die mitteleuropäische Zeit ist die Ortszeit der Punkte, die auf dem 15. Längengrad liegen, für jeden Längengrad Entfernung davon hat man einfach eine Korrektur von 4 Minuten anzubringen.

Zürich hat eine Länge von 8° 33′, ist also um 6° 27′ vom M. E. Z.-Meridian entfernt und differiert mithin in der Zeit um 26 Minuten. Wir müssen also die Zehnuhrmessung ausführen, wenn unsere Uhren 10^h 26 zeigen, die Zwölfuhrmessung um 12^h 26.

Es kommt dann noch eine weitere Korrektur dazu: die Zeitgleichung. Infolge der ungleichförmigen Bewegung der Erde variiert die Tageslänge, d. h. die Zeit zwischen zwei Kulminationspunkten der Sonne etwas. Die Uhren haben naturgemäß einen gleichförmigen Gang, sie zeigen einen mittleren Gang, der sich zum Sonnengang etwas verschiebt. Diese Differenzen nennt man die Zeitgleichung, die bis zu einer halben Stunde Unterschied zeigt. Viermal im Jahr fällt der mittlere Mittag mit dem wahren Mittag zusammen, Mitte April, Mitte Juni, Ende August und Weihnachten, dazwischen liegen je ein größeres und ein kleineres Maximum nach jeder Seite der Uhrzeit.

Zum Beispiel ist der wahre Mittag am 10. Februar 12^h 14,6 der Ortszeit, am 15. Mai 11^h 56, am 15. Juni 12^h 0, am 25. Juli 12^h 6, am 16. Oktober 11^h 45, am 24. Dezember 12^h 0. Messen wir in Zürich, so müssen wir bei M. E. Z. 12^h 26 am 10. Februar unsere wahre Mittagsmessung um $12^h + 26' + 15' =$ um 12^h 41 machen.

Wenige Minuten auf oder ab machen um Mittag, wo die Sonne nur sehr langsam ihre Höhe ändert, fast nichts aus, wohl aber am Morgen und Abend, wo die Sonnenhöhe rasch wechselt.

Sonnendeklination

Für die Sonnendeklination verwendet man vorhandene Tabellen, z. B. die offiziellen Veröffentlichungen des Bureau des longitudes oder andere Veröffentlichungen, die sog. Ephemeriden, die man sich auf meteorologischen Anstalten verschaffen kann. Sie schwankt im Laufe des Jahres rund von $+ 23^1/_2$ bis $— 23^1/_2{}^0$. Man muß die Tabelle für jedes einzelne Jahr haben, da die Werte des bestimmten Jahrestages um geringe Werte wechseln wegen der Verschiebungen, die durch die Verschiedenheit der Länge der Jahre (Schaltjahr) verursacht sind. Jeder Tag hat dann seine bestimmte Deklination, die um die Tag- und Nachtgleiche 0^0 beträgt, am längsten Tag den größten Wert, am kürzesten Tag den geringsten Wert, d. h. die größte Minuszahl beträgt.

Stundenwinkel

Der Stundenwinkel beträgt in Graden die Anzahl Stunden, die man von mittags 12^h entfernt ist. Mittags, der höchste Sonnenstand hat 0^0 Stundenwinkel, 6^h die horizontale 90^0 Stundenwinkel, 1^h p. m. $= 11^h$ a. m. hat 15^0, 2 p. m. $= 10^h$ a. m. hat 30^0, 4^h p. m. $= 8^h$ a. m. $= 60^0$ usw.

Beispiel

Berninahospiz: nördliche Breite $\varphi = 46^0\,24'\,39''$.
Die Deklination sei $\delta = 20^0$ (24. Juli).

Nehmen wir als Zeit 4 h nachmittags. Was ist die Sonnenhöhe? $\sin h = \sin 46^0\,24' \sin 20^0 + \cos 46^0 \cos 20^0 \cos 60^0$.

log sin 46° 24′	$\bar{1}$,85992	log cos 46°	$\bar{1}$,83853
log sin 20°	$\bar{1}$,53405	log cos 20°	$\bar{1}$,97299
		log cos 60°	$\bar{1}$,69897
Summen	$\bar{1}$,39397		$\bar{1}$,51049
Nummern davon	0,2477	+	0,3240 = 0,5717

also $\sin h = 0{,}5717$

$\log 0{,}5717 = \bar{1}{,}75717$

$h = 34^0\,52'$.

Auf Berninahospiz ist die Sonnenhöhe um 3 Uhr nachmittags bei 20° Deklination (also z. B. am 20. Mai 1905 und am 24. Juli 1905) 34° 52'.

Für die Messungen um 12^h mittags vereinfacht sich die Formel, da der Stundenwinkel 0° ist, dann ist $\cos t = 1$, dies Glied fällt also weg.

Braucht man die Sonnenhöhen eines bestimmten Ortes dauernd, so ist es vorteilhaft, sich eine Kurventafel herzustellen, aus der man alle gewünschten Höhen ablesen kann. Für jede Tagesstunde rechnet man von 5 zu 5° Deklination die Werte der Gleichung aus und trägt sie in ein Koordinatensystem ein, in dem die Deklinationen als Ordinaten und die Sonnenhöhen als Abszissen genommen sind. Man erhält schwach gebogene Kurven. Durch Eingehen mit der Deklination eines Tages in die groß gezeichnete Tabelle erhält man die zugehörige Sonnenhöhe auf 1—2 Minuten genau (Fig. 12).

Das Aufschreiben der Lichtmessungen erfordert also: Ort, Datum, Zeit, S, B, J-Sonne, J-Schatten, Papiernummer, dann Umrechnen (Reduktionstabelle, Umrechnungstabelle).

Sonnenhöhenmesser

1917 habe ich mir bei Hans Mettler (ehemals Usteri-Reinacher an der Trittligasse Zürich) einen Sonnenhöhenmesser bauen lassen (Fig. 13), an dem man die Höhe in ganzen, eventuell halben Graden direkt ablesen kann.

Auf kleinem Gestell, das durch Wasserwage genau wagrecht zu stellen ist, erhebt sich senkrecht ein Metallsektor, auf dem sich eine Gradeinteilung befindet. Ein darüber gleitender Hebel, durch Klammer auch der hinteren Seite angedrückt, besitzt an beiden Enden flächenartige Vorsprünge, der äußere enthält eine Spalte, der innere eine weiße Linie. Man bewegt den Hebel, bis die Sonne durch die Spalte ihren Schein auf diese Linie wirft, eine Marke zeigt auf der Gradeinteilung auf die Gradzahl.

Messungen der Lichtsummen nach Steenstrup

Verschiedene ziemlich dicke Pauspapierstreifen werden aufeinander gelegt, so daß alle am selben Ort beginnen, aber jeder etwas kürzer ist als der vorhergehende (Fig. 14).

Dadurch entstehen verschieden dicke Lagen Papier, durch die das Licht auf darunter gelegtes empfindliches Papier trifft

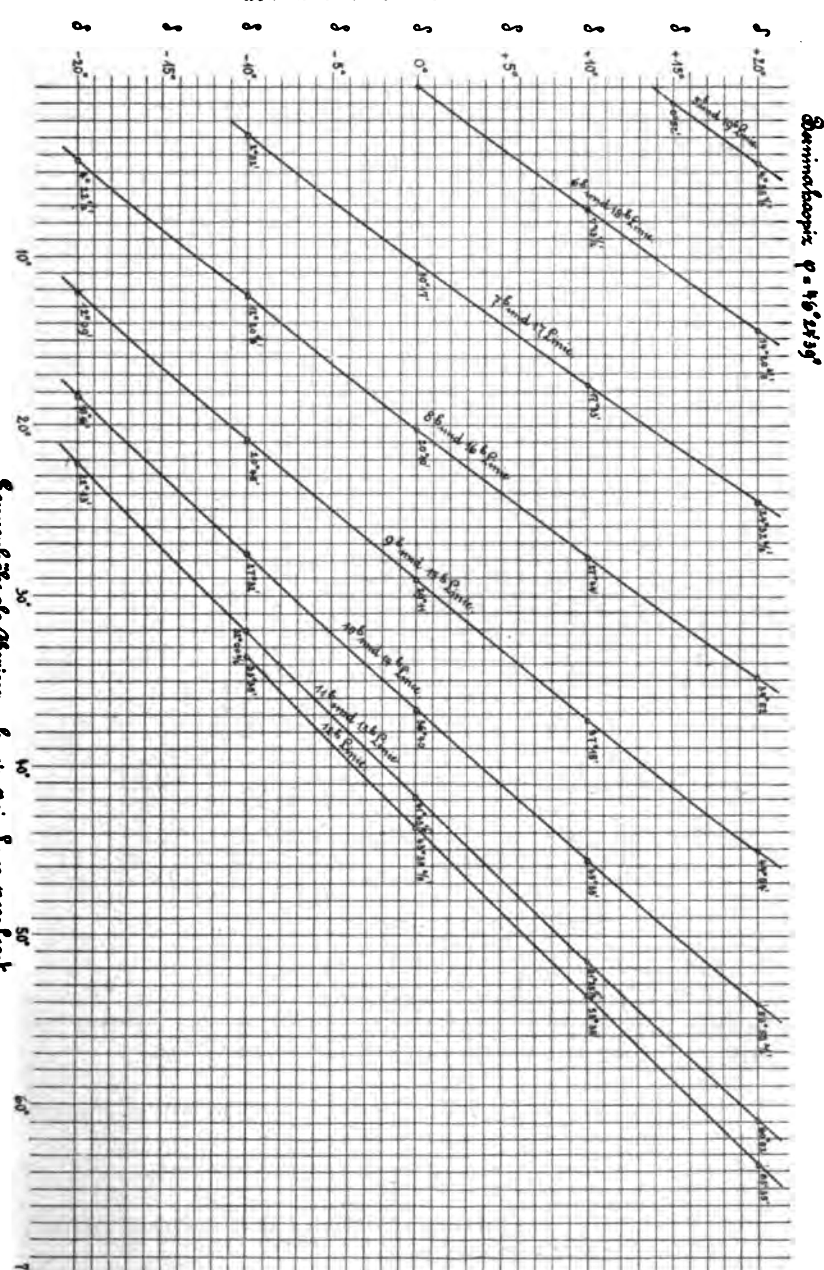


Fig. 12. Sonnenhöhentafel des Berninahospizes

(Steenstrup verwendete Eastmans Solio). Dieser 20 cm lange und 2 cm breite Streifenbündel wird in eine Zinkschiene gelegt, mit Glas zugedeckt und durch Klammern aufeinander gepreßt. Das Ganze legt Steenstrup in eine Glasröhre, in die noch einige Stück $CaCl_2$ gegeben werden, damit die Luftfeuchtigkeit sich nicht auf dem Glas niederschlägt, und verschließt die Röhre mit einem Gummipfropf. Auf dem Pauspapier sind Tuschmarkierungen angebracht, die sich auf dem Photopapier bei Belichtung abbilden. Die Anzahl der vom Lichte in gegebener Zeit durchdrungenen

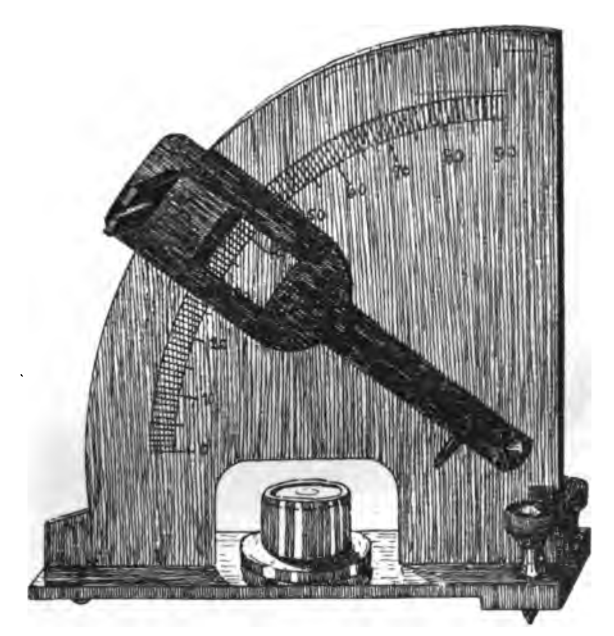


Fig. 13. Sonnenhöhenmesser

[1]) K. J. V. Steenstrup: Om Bestemmelsen af Lysstyrken og Lysmaengden. De la détermination de l'intensité et de la quantité de la lumière. Fysysk Tidskrift, Bd. III, Nr. 2, 1902 und Meddelelser om Grönland, XXV, 1901.

Morton P. Porsild:

I. Actinometrical observations from Greenland. Meddelelser om Grönland, 47, 1911.

II. The annual photochemical intensity of South Disko, 69° ′ Lat. N. Ebenda 1913.

III. The daily variation of the photochemical intensity of South Disko, 69° 16′ Lat. N. Ebenda 1913.

IV. Zur Kenntnis des photochemischen Klimas der Arktis. Meteorologische Zeitschrift 1913.

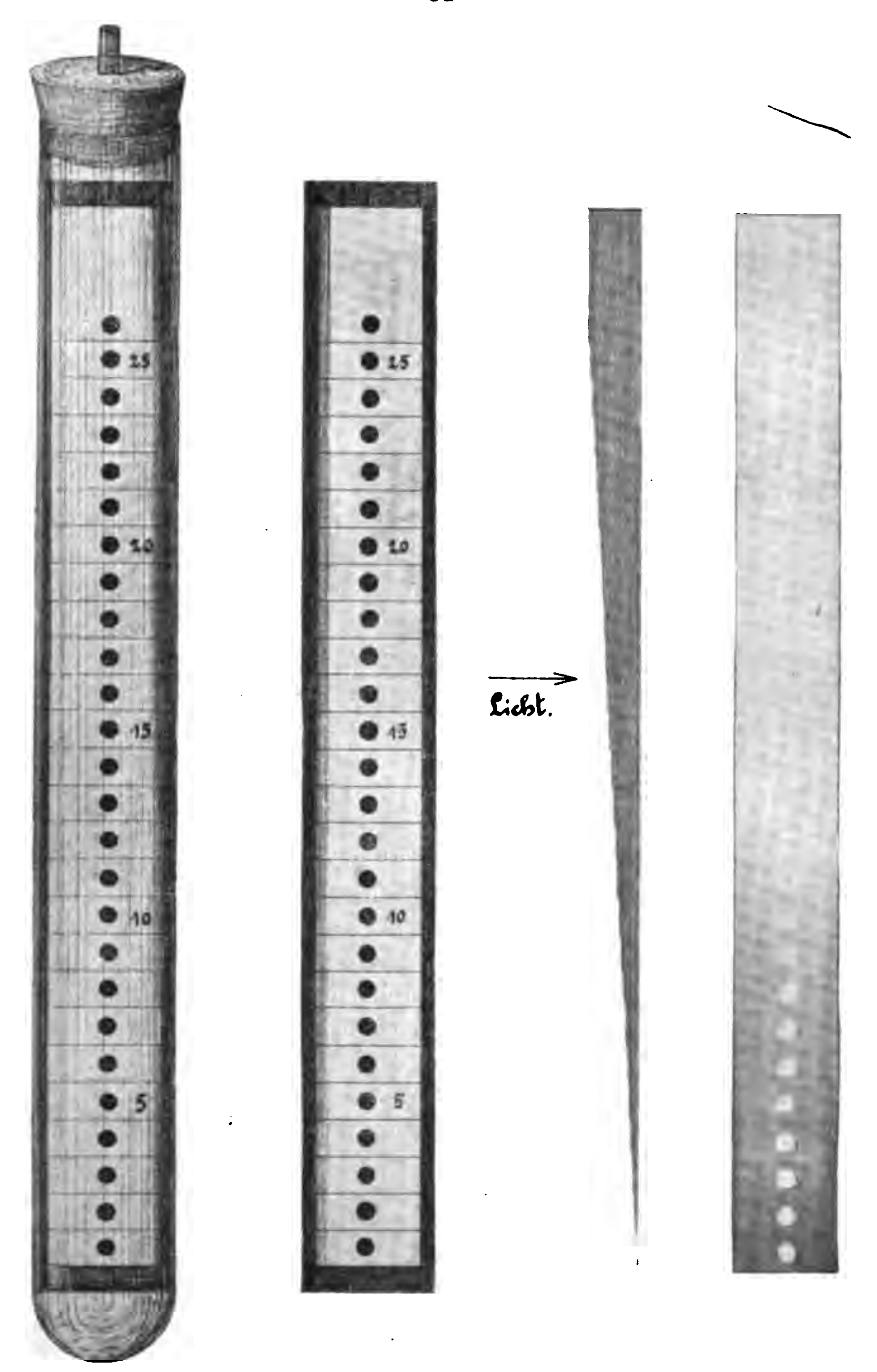


Fig. 14. Lichtsummenmesser nach Steenstrup

Pauspapierlagen läßt sich auf dem Photopapier ablesen und gibt ein relatives Maß für die Lichtsumme dieser Zeit. Die Nummer der letzten, eben noch erkennbaren Schwärzung bildet die „Aktinometerzahl“ (Porsild).

Braucht man den Apparat an lichtstarken Orten oder für längere Zeitdauer auf einmal, so muß durch eine genügende Zahl Pauspapierlagen der ganzen Länge der Anfangspunkt der Markierung so verlegt werden, daß die zu messenden Lichtstärken in die Dickenskala der etwa 25 vertretenen Abteilungen des Apparates fallen. Man kann daher den Apparat nur für Orte benutzen, deren Lichtmenge einigermaßen bekannt ist, und nur für nicht zu verschiedene Zeitintervalle.

Das Pauspapier läßt nicht alles Licht durch. Der absorbierte Teil beträgt bei dem von Porsild benützten „Leonin-Pauspapier“ Nr. 173 der Firma Schleicher und Schüll in Düren 12,6%. Etwas absorbiert und reflektiert auch das Glas; das flache unbedeutend, das dicke runde der Röhre wohl mehr.

Jahresserien mit diesem Papier wurden in Dänemark und Grönland ausgeführt, weswegen der Apparat hier erwähnt ist. Viel besser für Lichtsummenmessungen sind die oben S. 42 beschriebenen Graukeil-Photometer von Eder-Hecht, bei denen die Lichtsumme auch gleich in vergleichbaren Bunsen-Roscoe-Einheiten ausgedrückt ist.

Physikalisch genauere Apparate

Alle die Methoden mit Chlorsilberpapieren haben neben den großen Vorteilen der Handlichkeit die großen Nachteile der geringen Genauigkeit. Zwei Mängel sind es hauptsächlich, die ihnen anhaften. Erstens beobachtet man damit einen nicht genau abgegrenzten Teil der Strahlen, den photochemisch wirksamen Teil des Spektrums, der weder gegen das Rot hin noch im Ultravioletten genau bekannte Grenzen hat. Immerhin weiß man, daß man den für das Wachstum der Pflanzen wichtigsten Teil faßt und daß zwischen den Intensitäten dieser aktinischen Strahlen und den für die Assimilation wichtigen, schwächer brechbaren Strahlen eine ziemlich vollständige Proportionalität besteht (L. Weber). Zweitens kommt es bei der Beurteilung der Übereinstimmung der Farbtöne und der Sichtbarkeit von Marken sehr auf das Auge des Beobachters an und auf seine subjektive Auffassung. Viel genauer sind dagegen die photometrischen Methoden, die es mit genau

meßbaren Wellenlängen einzelner Lichtstrahlen zu tun haben. Für physikalische Messungen kommen daher nur diese in Betracht, doch haftet ihnen der große Übelstand an, daß die Apparate nicht handlich sind, sondern nur schwer oder gar nicht herumtragbar. Für den Geobotaniker kommen sie daher nur ausnahmsweise in Frage, am ehesten, wenn bestimmte Fragen in Anlehnung an große klimatologische Observatorien erforscht werden, während für den Lichtgenuß an Pflanzenstandorten wohl nach wie vor mit den im ganzen für diese Arbeiten genügend genauen photochemischen Meßmethoden gearbeitet werden wird. Es sei daher nur kurz auf die photometrischen Methoden hingewiesen mit Literaturhinweis für den, der sich näher damit befassen will.

Webers Milchglasphotometer[1])

Das durch Milchgläser geführte Tageslicht wird mit dem Licht einer Benzinkerze verglichen und aus den Verhältnissen dieser beiden Lichtmengen die Tageslicht-Intensität in Meter-Hefnerkerzen bestimmt. Leonhard Weber mißt die Helligkeiten für bestimmte einzelne Wellenlängen, nämlich ein Grün von 541,5 $\mu\mu$ und ein Rot von 630,5 $\mu\mu$. Der Apparat ist in das Dach des Hauses eingebaut.

Lichtmessungen von Dorno[2])

Dorno-Davos behandelt die drei verschiedenen Strahlengattungen, Wärmestrahlung, Lichtstrahlung, chemische Strahlung, getrennt. Die Wärmestrahlung wird mit dem Ångströmschen Kompensations-Pyrheliometer und dem Michelsonschen Aktinometer gemessen. Die Lichtstrahlung (Helligkeit) nach der Weberschen photometrischen Methode. Für den Gebrauch im Höhenklima von Davos wurden an dem Instrument einige Änderungen angebracht, um es dem Hochgebirge anzupassen. Die blauvioletten, photographisch wirksamen Strahlen bestimmt Dorno ebenfalls nach der Weberschen Methode. Zur Messung der ultravioletten

---

[1]) L. Weber, Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel 1890—92, 1892 bis 95, 1898—1904. Schriften d. naturwiss. Vereins f. Schleswig-Holstein, 10, 1898, S. 77—94; 11, S. 48; 13, 1905, S. 97—114. — L. Weber, Intensitätsmessungen des diffusen Tageslichtes. Meteor. Zeitschr., 1885, S. 163—172; 219—224; 451 bis 455.

[2]) C. Dorno, Studie über Licht und Luft des Hochgebirges. Braunschweig 1911.

Strahlungsintensität verwendete er den von Elster und Geitel konstruierten Zinkkugelphotometer. Neuerdings ist es Elster und Geitel gelungen, ein noch vollkommeneres Instrument, einen lichtelektrischen Photometer herzustellen.

Der Knuchelsche Spektrophotometer[1])

Dieser Spektrophotometer, der im allgemeinen mit dem Glanschen übereinstimmt, dient zum Analysieren des Lichtes unter Baumkronen. Durch die Anordnung des Spektroskopes wird aus dem Zenithallicht eine bestimmte Spektralfarbe herausgeschnitten und mit der künstlichen Lichtquelle verglichen. Der Apparat erfordert zwei Personen zur Bedienung, wiegt 34 kg (Spektroskop, Akkumulatorenbatterie samt Widerstand, Osramlampe usw.), ergibt aber schöne Resultate, besonders über die selektive Lichtabsorption der verschiedenen Waldarten.

Lichtmeßversuche unter Wasser

Ludwig Linsbauer[2]) hat Untersuchungen angestellt über die photochemischen Verhältnisse unter Wasser und hat sich zu diesem Zweck einen Apparat gebaut. Der Apparat muß nicht nur licht- und wasserdicht sein, sondern auch einen ziemlich hohen Wasserdruck aushalten.

Linsbauer nahm (Fig. 15, 16, 17) eine flache runde Metalldose von etwa 1 cm Wandstärke, einem Durchmesser von 23 cm und einer Höhe von 8 cm. Das Gewicht des Instrumentes beträgt 20 kg.

Der aufgeschraubte, durch Gummiring abgedichtete Deckel enthält den Bewegungs- bezw. Expositionsmechanismus, der aus zwei Hauptteilen besteht:

1. einem Drehungsmechanismus,

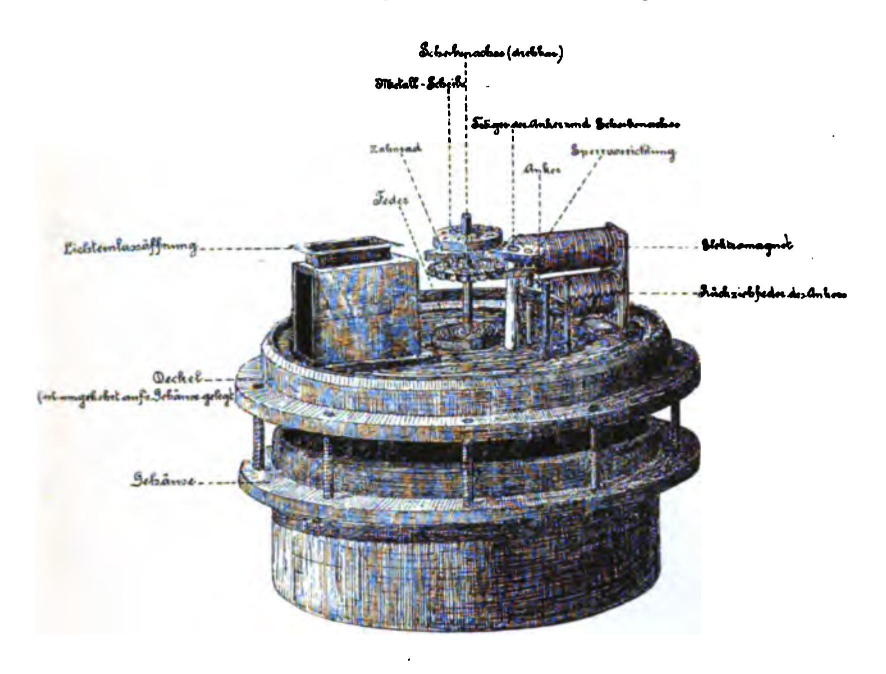
2. einem Mechanismus zur Regelung der Bewegung und zum Stoppen. Die Drehung geschieht um eine zentrale Achse. Die Bewegung wird ausgelöst durch eine kräftige Spiralfeder, die ein Zahnrad in Umlauf setzt, worin die Metallschenkel eines Winkels als Sperrhaken abwechselnd eingreifen. Diese Haken regulieren

---

[1]) H. Knuchel, Spektrophotometrische Untersuchungen im Walde. Diss. E. T. H., Zürich 1914.

[2]) L. Linsbauer, Photometrische Untersuchungen über die Beleuchtungsverhältnisse im Wasser. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Bd. 114, Abt. I, 1905, S. 51—75.

den steten, schrittweisen Gang der Umdrehung. Sie stehen durch den Anker eines Elektromagneten in Verbindung mit einem elek-



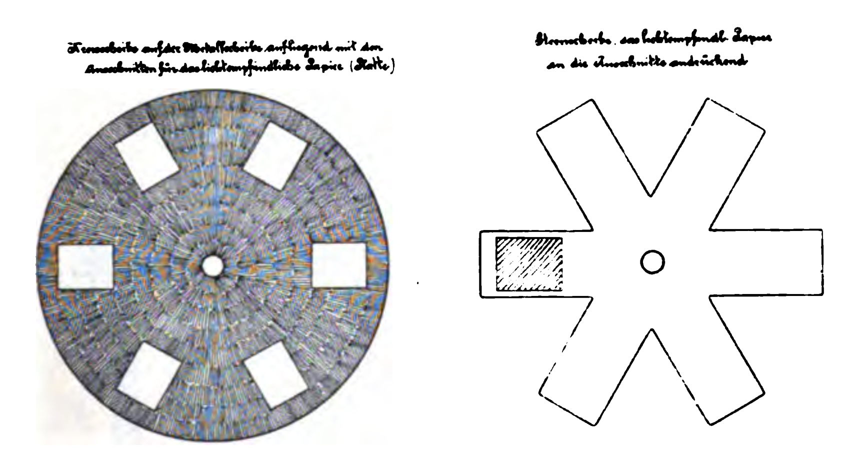


Fig. 15. Lichtmeßapparat für große Wassertiefen nach L. Linsbauer

trischen Strom, der vom Beobachter jeweilen ein- und ausgeschaltet werden kann. Ist der Strom eingeschaltet, so dreht sich das Zahn-

Fig. 16. Grundriß des großen Wasserlichtmeßapparates

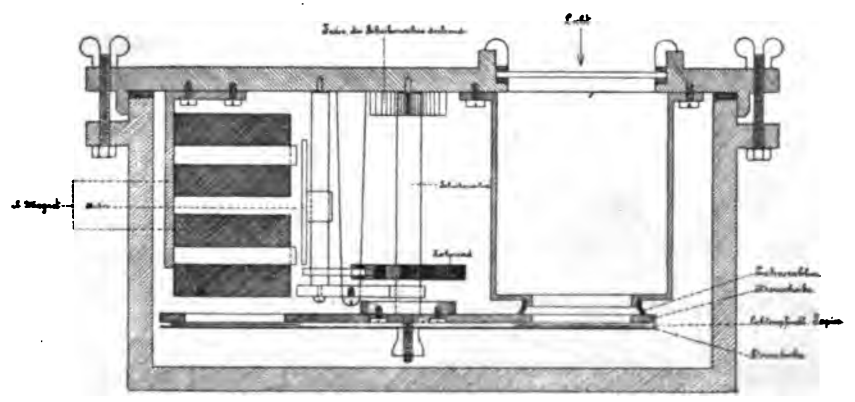


Fig. 17. Vertikalschnitt durch den großen Wasserlichtmeßapparat

rad um einen Zahn. Gleichzeitig greift aber der zweite Sperrhaken ein und hemmt die weitere Umdrehung.

Unter dem Zahnrad trägt die Achse eine fixe Metallplatte, worin sechs Öffnungen angebracht sind, die im Umfang genau mit der Lichteinlaßöffnung der Dose übereinstimmen.

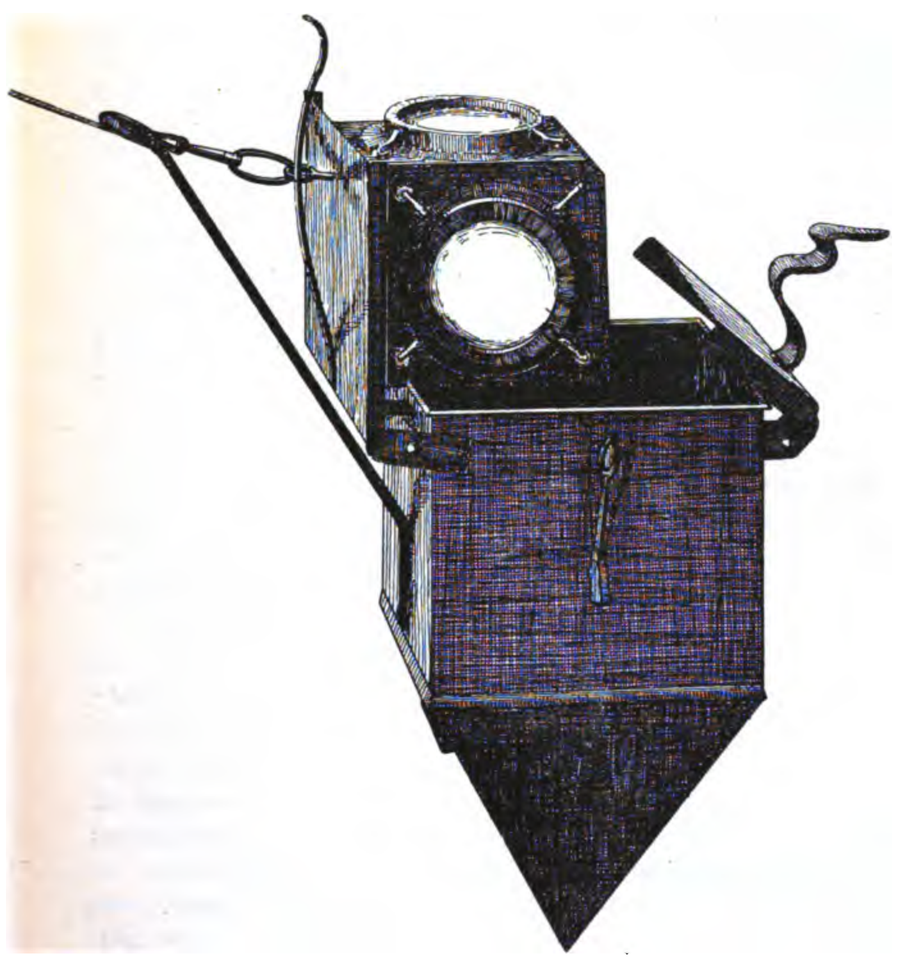


Fig. 18. Lichtmeßapparat für geringe Wassertiefen nach L. Linsbauer

Je nachdem nun der Strom geschlossen oder offen ist, schiebt sich vor die mit einer Glasplatte verschlossene Lichteinlaßöffnung entweder ein Segment der undurchlässigen Metallplatte oder ein Ausschnitt der Platte, worunter das lichtempfindliche Papier liegt. Im letztern Fall kann die Expositionszeit beliebig gewählt werden,

worauf die Lichteinlaßöffnung wieder durch ein undurchsichtiges Segment verschlossen wird.

Es können mit dem Apparat sechs Messungen nacheinander gemacht werden, ohne ihn an die Wasseroberfläche zu ziehen. Die Messungen können in verschiedener Tiefe stattfinden.

Für geringere Tiefen konstruierte Linsbauer einen handlicheren Apparat (Fig. 18). Er besteht aus einem vierseitig-prismatischen Blechgehäuse von etwa 7,5 cm Seitenlänge, dem nach unten eine vierseitige Pyramide aufgesetzt ist. Die Pyramide ist teilweise mit Blei gefüllt, um den Apparat rasch versenken zu können.

Unter dem gut und rasch verschließbaren Deckel sind auf einer Würfelfläche zwei kleine Metalldöschen befestigt, die durch 1 mm dicke reinweiße Glasplatten vor dem Eindringen des Wassers geschützt sind. Die Döschen werden mit lichtempfindlichem Papier beschickt, verschraubt und auf dem Holzwürfel im Innern des Blechgehäuses befestigt.

Die Exposition unter Wasser geschieht durch Öffnen des Deckels mittels einer Schnur. Nach beendigter Exposition schließt sich der Deckel von selbst, der Apparat wird hochgezogen, die Blechdöschen werden im Dunkeln, am besten unter schwarzem Einstelltuch, geöffnet, die Papierstreifen mit Nummern versehen und an lichtdichtem Orte versorgt, bis zur spätern indirekten Bestimmung der Intensität.

Mit diesem Apparat kann freilich nur eine Messung auf einmal ausgeführt werden.

Es seien einige Resultate von Linsbauer über die Abnahme des Lichtes mit der Wassertiefe erwähnt. Nach Messungen im Traunsee findet Linsbauer folgende Durchlässigkeit des Wassers für Licht in Prozenten des im Freien herrschenden Lichtes:

Tiefe in m	Stärke des durchgelassenen Lichtes in Prozenten
0	100
0,5	29
1	19
2	4,9
3	3
4	1,4
10	1,4

Das Licht nimmt also in den oberen Schichten sehr rasch ab, in den tieferen langsam. Mit Photoplatten haben Versuche angestellt Ed. Sarasin und F. A. Forel im Genfersee, G. Asper im Zürich- und Walensee usw.

Heute würde sich der neue Graukeil-Photometer von Eder und Hecht mit Vorteil auch für Messungen unter Wasser verwenden lassen. Es müßte dazu ein entsprechender wasserdichter Behälter gebaut werden.

Anders geartet ist der Apparat von Leo Minder[1]) Zürich, der aber unsern Wünschen auch noch nicht entspricht.

Über Lichtmessungen unter Schnee

Kommt man auf Alpenwanderungen zu Schneeflecken, so findet man meist gleich daneben die Flora des schmelzenden Schnees schon in voller Blüte. Besonders die zierlichen Soldanellen scheinen das Verschwinden der Schneedecke kaum abwarten zu können, um ihre violetten Glöckchen auszuhängen, und häufig sieht man, daß sie auch wirklich nicht warten, sondern sich mit ihrem Blütenstand durch die letzte dünne eisige Schneekruste, man möchte sagen, durchbohren.

Wie konnte sich die Pflanze unter dem Schnee so schön entwickeln? Sie braucht doch dazu u. a. Licht.

Da drängt sich gleich der Wunsch nach der Kenntnis der Lichtstärken unter dem Schnee in den verschiedenen Tiefen und bei den verschiedenen Dichtezuständen des Schnees auf.

Zu diesen Messungen kann man wieder den Graukeil-Photometer von Eder und Hecht verwenden. Dieses Instrument wird offen in ein Holzkästchen[2]) gelegt, das an einem 1½ m langen Stock befestigt ist und vorne spitz ausläuft zum bessern Durchstoßen des Schnees (Fig. 19). In fester Verbindung mit dem Gleitdeckel dieses Holzkästchens befindet sich eine 1½ m lange Eisenstange, die dem Bambusstab entlang läuft und in einen Ring endigt.

Fig. 19. Apparat für Lichtmessungen unter Schnee

[1]) Leo Minder, Zur Hydrophysik des Zürich- und Walensees, nebst Beitrag zur Hydrochemie und Hydrobakteriologie des Zürichsees. Archiv für Hydrobiologie, Bd. XII, 1918, S. 122—194.

[2]) E. Rübel, Orientierende Versuche über Lichtmessungen unter Schnee. Verhandl. Schweiz. Naturf. Ges. 89. Vers. in St. Gallen, 1906, S. 68, kurzes Referat.

Hat man den Apparat im Dunkeln gefüllt, so stößt man ihn möglichst tief in horizontaler Richtung in den Schnee hinein (bei hartem Schnee muß man mit einem Stock vorbohren), exponiert, indem man am Eisenring den Deckel tief im Schnee öffnet und schließt.

Zur Beobachtung verwendet man mit Vorteil Schneewehen, die eine horizontale Oberfläche haben und auf der Schattenseite senkrecht abfallen, so daß man bequem horizontal hineinstoßen kann und doch keine Beeinflussung durch Seitenlicht zu befürchten hat. Dieses ist auch schon dadurch ausgeschlossen, daß der Photometer vertieft im Holzkästchen liegt.

Nach der Belichtung kann die genaue Tiefe unter der Schneeoberfläche durch Hineinstoßen eines Stockes bis zum Kästchen gemessen werden.

Mit dem Schneedichtemesser Fig. 20 schneidet man ein bekanntes Volumen Schnee ($5 \times 5^2 \pi$ ccm) heraus, läßt den Schnee schmelzen; aus dem Wasservolumen ergibt sich die Schneedichte.

Aus den vorbereitenden Messungen, die ich 1905/06 auf Berninahospiz mit dem ungenauen Printmeter von Wynne (nicht zu verwechseln mit dem sehr guten, oben besprochenen Exposuremeter) machte, ergab sich folgendes:

1. Das Licht dringt durch den Schnee bis in beträchtliche Tiefe.
2. Die Intensität unter dem Schnee ist abhängig von der gesamten Tageslichtintensität, von der Tiefe, von der Schneedichte.
3. Mit zunehmender äußerer Lichtintensität nimmt auch die Intensität unter dem Schnee zu.
4. Mit zunehmender Tiefe nimmt das Licht naturgemäß ab.
5. Leichter Neuschnee läßt mehr Licht durch als zusammengesessener.

Mit zunehmender Dichte nimmt die Lichtdurchlässigkeit des Schnees ab, doch muß diese Kurve ein Minimum erreichen, von wo aus sie wieder steigt, denn das Endglied der Schneeverdichtung ist Eis, welches keine reflektierenden Lufträume mehr enthält und Licht wieder leichter durchläßt, wie sich jeder auf Eisfeldern überzeugen kann. Ich fand in einer Tiefe von 0—10 cm mindestens $^1/_{40}$ des Gesamtlichtes eindringen,

von 10—20 cm $^1/_{90}$—$^1/_{8}$,
„ 20—30 „ $^1/_{400}$—$^1/_{40}$,
„ 30—50 „ $^1/_{4000}$—$^1/_{150}$,
„ 50—80 „ $^1/_{60000}$—$^1/_{2000}$.

Die großen Differenzen sind namentlich der verschiedenen Konsistenz des Schnees zuzuschreiben.

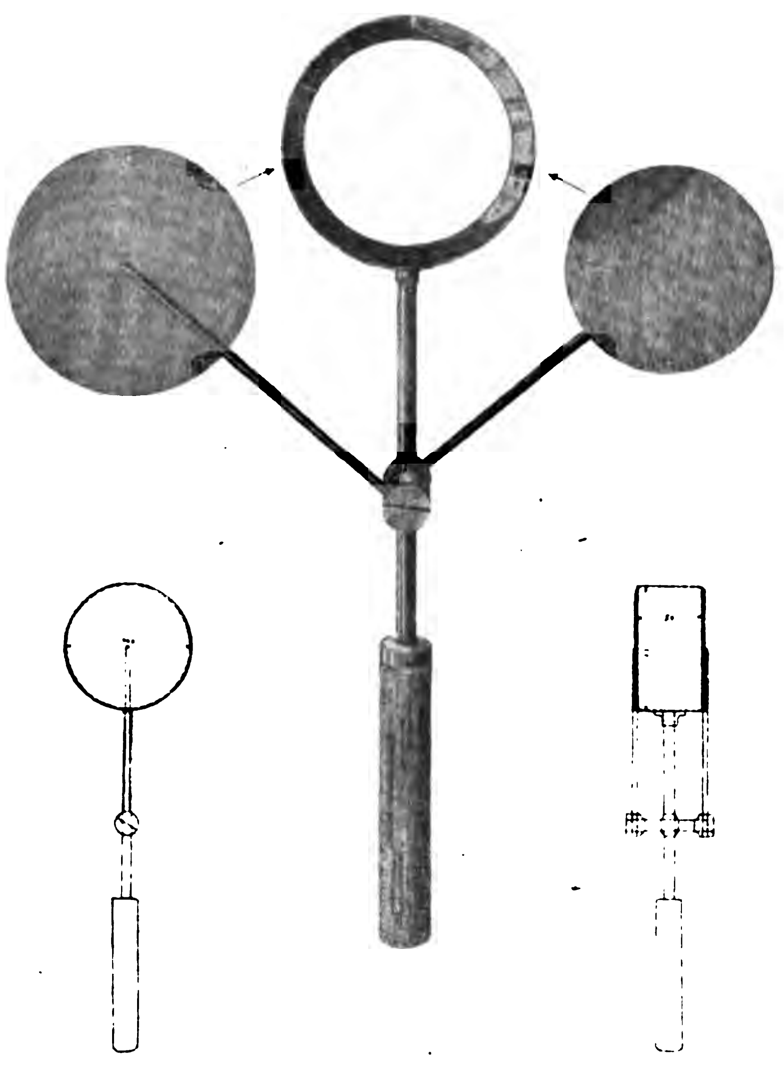


Fig. 20. Schneedichtemesser

Besonders wichtig erscheint mir die Zahl 1/8 bei 11 cm. Bei den hohen Lichtintensitäten zur Zeit der Schneeschmelze ist dies eine bedeutende Menge Licht, bei der gewiß schon von den Pflanzen auch jene Farbstoffe erzeugt werden können, zu deren Bildung

Licht notwendig ist. Es handelt sich auch hauptsächlich um die letzten Tage vor dem Schneefreiwerden, wo die Dicke der Schneelage nicht mehr eine bedeutende ist.

II3. Feuchtigkeit

Von allererster Wichtigkeit ist das Wasser, als Regen, als Schnee, als Luftfeuchtigkeit. In hohem Maße ist die Vegetation davon abhängig. Ohne Wasser kann die Pflanze nicht leben und ihre Tracht richtet sich nach der Wasserbilanz. Daher wird oft das Wasser zur Einteilung der Pflanzengesellschaften gewählt. Es ist in vielen Fällen der am stärksten wirkende und sich aufdrängende Faktor und bedingt oft weitgehende Anpassungen. Die Anpassungen sind von zweierlei Natur, einerseits solche an das Nahrungsmittel Wasser; anderseits ist zu beachten, daß der anatomische Bau der Wasserpflanzen nicht eigentlich durch die in unbeschränktem Maße zur Verfügung stehende Feuchtigkeit bedingt ist, sondern durch die physikalische Eigenschaft des spezifischen Gewichts und die physikalische Eigenschaft des flüssigen Aggregatzustandes. Weil das Wasser so viel schwerer ist als Luft, trägt es die Pflanze um so leichter und diese ist nicht genötigt, sich so stark auf Tragfestigkeit einzurichten, beim laufenden Wasser dann aber um so mehr auf Zugfestigkeit.

II3I. Niederschläge

In erster Linie steht das Wasser in Form von Regen zu Gebote. Aber auch Tau und Nebel kann von Bedeutung für die Vegetation werden. So wäre z. B. ohne Tau die Frühjahrsvegetation der libyschen Wüste nicht möglich; andere Einöden erhalten Nebel von kalten Meeresströmungen.

Die Niederschlagsmessung wird von der Meteorologie in ausgedehntem Maße besorgt und braucht vom Geobotaniker in den meisten Fällen nicht selber gemessen zu werden.

Der Regenmesser

Das Modell der Eidgenössischen Meteorologischen Zentralstation (Fig. 21) besteht aus drei Teilen: dem Auffanggefäß, dem Zylinder und der Sammelflasche.

Das Auffanggefäß bildet ein 50 cm hoher Zylinder aus Zinkblech mit einem Querschnitt von 200 cm² (Durchmesser 15,96 cm),

dessen obere Öffnung von einem scharfkantig abgedrehten Messingring begrenzt wird. Nach unten geht der Zylinder in einen Trichter über. Der untere Teil ist ein Zylindergefäß, in den der obere Teil hineinpaßt. In dieses kommt eine Blechflasche zu stehen, in der das durch den Trichter einlaufende Wasser ver-

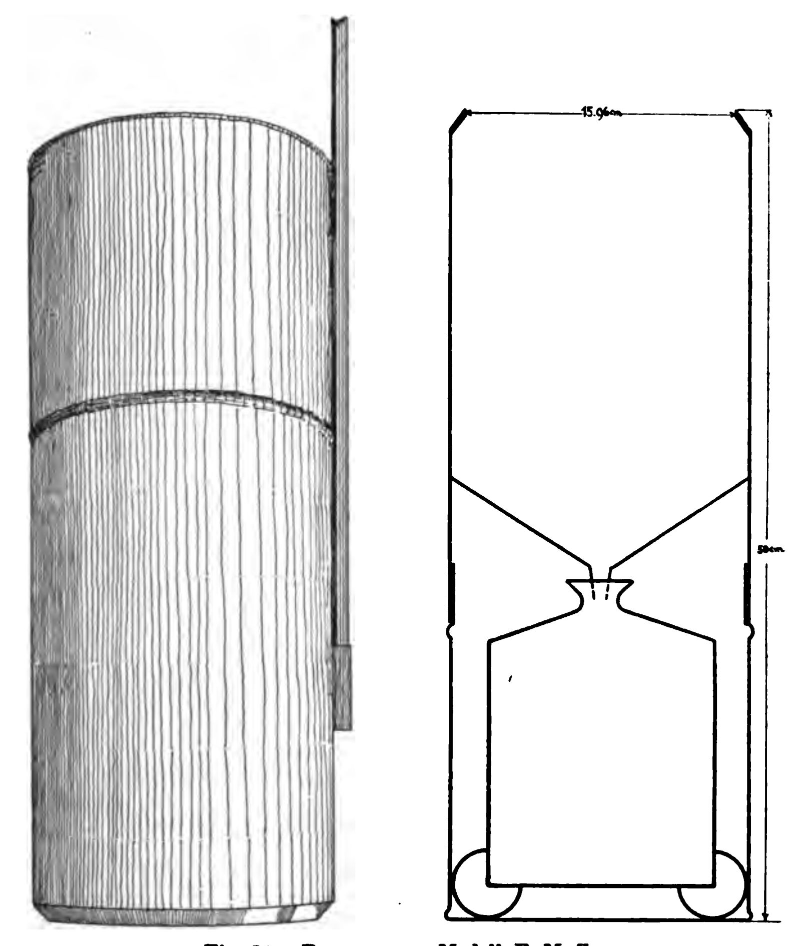


Fig. 21. Regenmesser Modell E. M. Z.

bleibt bis zur Messung und Leerung je morgens 7 Uhr. Zur Messung nimmt man die Blechflasche heraus und gießt das Wasser in ein Meßglas, das so eingeteilt ist, daß man die Millimeter und $^{1}/_{10}$ mm Niederschlag direkt ablesen kann.

Bei Schnee- und Hagelfall wird sich der feste Niederschlag in dem langen Zylinder stauen. Man wechselt dann das ganze

Instrument aus gegen das immer vorhandene Reserve-Instrument und läßt den Apparat zugedeckt im warmen Zimmer stehen, bis alles geschmolzen ist und man das Wasser wie gewöhnlich mit dem Meßglas messen kann.

Für die Regenmesser im Gebirge, wo bei Schneetreiben oft zu wenig in den Apparat hineingelangt, hat Robert Billwiller jun.

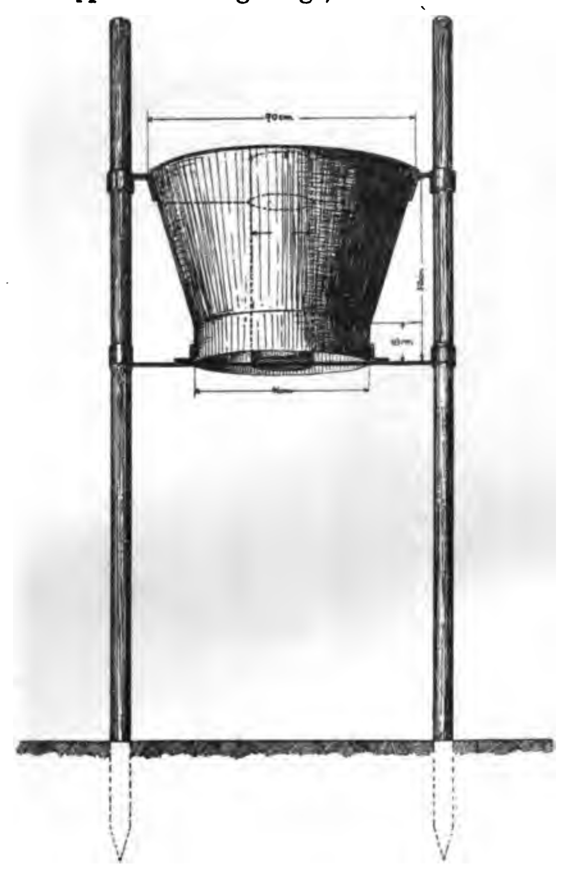


Fig. 22. Regenmesser fürs Gebirge nach R. Billwiller jun.

an der Eidgenössischen Meteorologischen Zentralanstalt ein spezielles Modell konstruiert[1]). Die Wirkung besteht darin, daß ein weiter Blechmantel die Windstärke um den Apparat bricht, so daß der Schnee hineinfallen kann (Fig. 22).

[1]) Robert Billwiller jun., Ein neues Modell eines geschützten Regenmessers (abgeänderter Nipherscher Trichter). Meteorolog. Zeitschrift, Heft 5, Braunschweig 1910, S. 193—198.

Da es von größtem Interesse ist, die Niederschlagsmengen an wichtigen Vegetationslinien zu kennen, an der Baumgrenze, an der Schneegrenze und überhaupt an Punkten, die man nicht täglich besuchen kann, so ist durch Konstruktion der Totalisatoren nach Mougin[1]) sehr viel gewonnen worden.

Totalisator Mougin[2])

Dieses, von dem savoyischen Forstinspektor Mougin konstruierte Instrument (Fig. 23) eignet sich ganz besonders zur Bestimmung der jährlichen Niederschlagsmengen an hochgelegenen, schwer zugänglichen und doch klimatisch wichtigen Punkten.

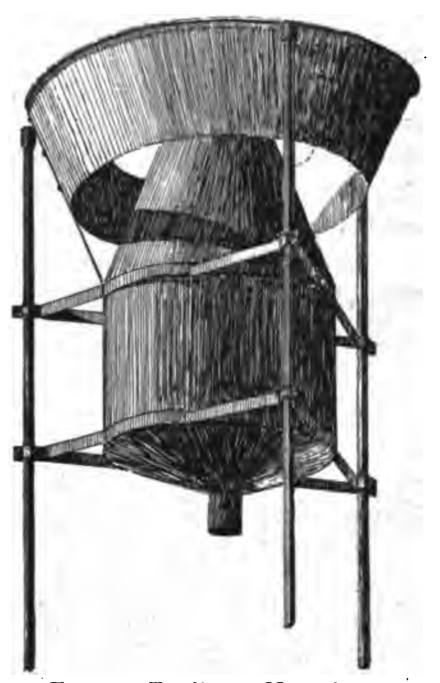


Fig. 23. Totalisator Mougin

Es ist ein spezieller Niederschlagssammler, der gestattet, den gefallenen Schnee und Regen monatelang aufzubewahren, so daß bloß zu günstiger Zeit, 1—2 mal jährlich, die Messung vorgenommen zu werden braucht.

Das Instrument besteht aus einem etwa 4000 mm Niederschlagshöhe fassenden Zinkblechgefäß von der Form der Regenmesser, aber von 95 cm Höhe und 50 cm Durchmesser mit einer obern freien Öffnung von 16 cm. Das Gefäß wird beschickt mit einer bestimmten Menge Kalziumchlorid (gewöhnlich 5 kg $CaCl_2$) in Lösung mit 5—6 Liter Wasser, welche den Schnee auch bei tiefen Temperaturen (bis —30° und darunter) in möglichst wässeriger Lösung erhält.

[1]) Zu beziehen durch die Eidgenössische Meteorologische Zentralanstalt Zürich.

[2]) J. Maurer, Einige Ergebnisse unserer höchsten Niederschlagssammler im Firngebiet. Meteorol. Zeitschr., Braunschweig 1915, S. 16—20. Jährliche Berichte über Messungen damit in P. L. Mercanton, Les variations périodiques des glaciers des Alpes suisses. Rapports annuels. Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs.

Zur Verhinderung der Verdunstung erhält die Lösung noch eine Decke von Vaselinöl.

Die Windschutzkonstruktion, ohne die der Apparat infolge des Windeinflusses 20 % zu geringe Werte aufweist, wurde von Direktor Maurer von der E. M. Z. beigefügt. Sie besteht aus einem Windschutzring aus Blech in abgestumpfter Kegelform von 100 bis 120 cm Durchmesser.

Derartig konstruierte Instrumente wurden in den Schweizeralpen bis zu Höhen von 3500 m vielfach aufgestellt und arbeiten sehr gut.

Neuerdings sind auch zwei solcher Apparate im Nationalpark aufgestellt worden.

Die Bestimmung der aufgespeicherten Wassermenge kann entweder durch Wägung unter Abzug der zu Anfang in das Zinkblechgefäß gebrachten Mengen von Chlorkalzium, Wasser und Vaselinöl erfolgen, oder aber, was bequemer ist, durch Volumenbestimmung.

Der hieraus entstehende Fehler beträgt gegenüber der Wägung höchstens ½—1 %.

Schneemessungen

Auf einem Brett wird jeder frische Schneefall gemessen und dann weggewischt, um täglich nur den frischen zu messen. Daneben wird an anderer Stelle die ganze Schneehöhe gemessen. Dies geschieht durch einfaches Einstecken des Maßstabes.

Für Beobachtungen der Wirkung der Schneedecke auf die Vegetation hat Grisch eine Methode versucht. Er legte vor den Schneeniederschlägen jeweilen ein Segeltuch auf einen bestimmten Wiesenbestand, um es nach dem Aufhören des Schneiens mit dem Schnee abheben zu können. So erzielt man schneefreie Stellen, ohne durch Wegbürsten die Vegetation mechanisch zu schädigen. Es wäre wünschenswert, wenn derartige Beobachtungen einmal längere Zeit durchgeführt würden.

Wichtig sind auch die

Nebelbeobachtungen,

die ohne Instrumente gemacht werden können, die aber eine andauernde Beobachtung derselben Hangteile, derselben Talteile benötigen.

Luftfeuchtigkeit

Die flüssige Luftfeuchtigkeit wird bei der Behandlung der Bodenfaktoren wieder eine große Rolle spielen. Hier ist noch die gasförmige zu betrachten.

Bei der Luftfeuchtigkeit ist es nicht so sehr der absolute Gehalt an Wasserdampf in der Luft, als die relative Luftfeuchtigkeit, die für die Vegetation in Betracht kommt. Bekanntlich vermag warme Luft viel mehr Wasserdampf gasförmig zu tragen als kalte Luft. So lange die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, hat sie die Tendenz, die Verdunstung zu begünstigen. Dieser Sättigungsgrad, bei dem keine weitere Verdunstung mehr eintreten kann, wird bei geringerer Temperatur mit wenig Wasser erreicht, bei höherer mit viel mehr, aber immer bedeutet er den Punkt 100% der relativen Luftfeuchtigkeit.

Um die absolute wie die relative Luftfeuchtigkeit zu messen, bedient man sich der Psychrometer und der Haarhygrometer.

Der Psychrometer

Der Psychrometer besteht aus zwei Thermometern, von denen der eine als gewöhnlicher Luftthermometer wirkt. Der andere ist am Quecksilbergefäß mit einem Musselinstreifen umgeben, der durch Eintauchen des anderen Endes in Wasser stets feucht gehalten wird (Fig. 24). Der feuchte Thermometer wird infolge der Verdunstungskälte des Musselins tiefer stehen als der trockene Thermometer; aus der Differenz läßt sich die Luftfeuchtigkeit berechnen. Man bedient sich dazu der käuflichen Psychrometertafeln (meist nach Jelinek).

Um die Verdunstung zur richtigen Wirkung zu bringen, muß für etwas Luftbewegung um den feuchten Thermometer gesorgt werden. Daher werden vielfach Apparate mit eigenen Bewegungsvorrichtungen verwendet. So wird im preußischen meteorologischen Institut ein Aspirator nach Aßmann, im Dienste der Wetterbüros in den U. S. Amerika Schleuderpsychrometer benutzt. Um an begrenztem Pflanzenstandort gebraucht zu werden, hat Clements (Research methods 1905, S. 39) ein verkleinertes Modell beschrieben, das noch einige Verbesserungen erhalten hat durch Shaw (Plant World 17, 1914, S. 183).

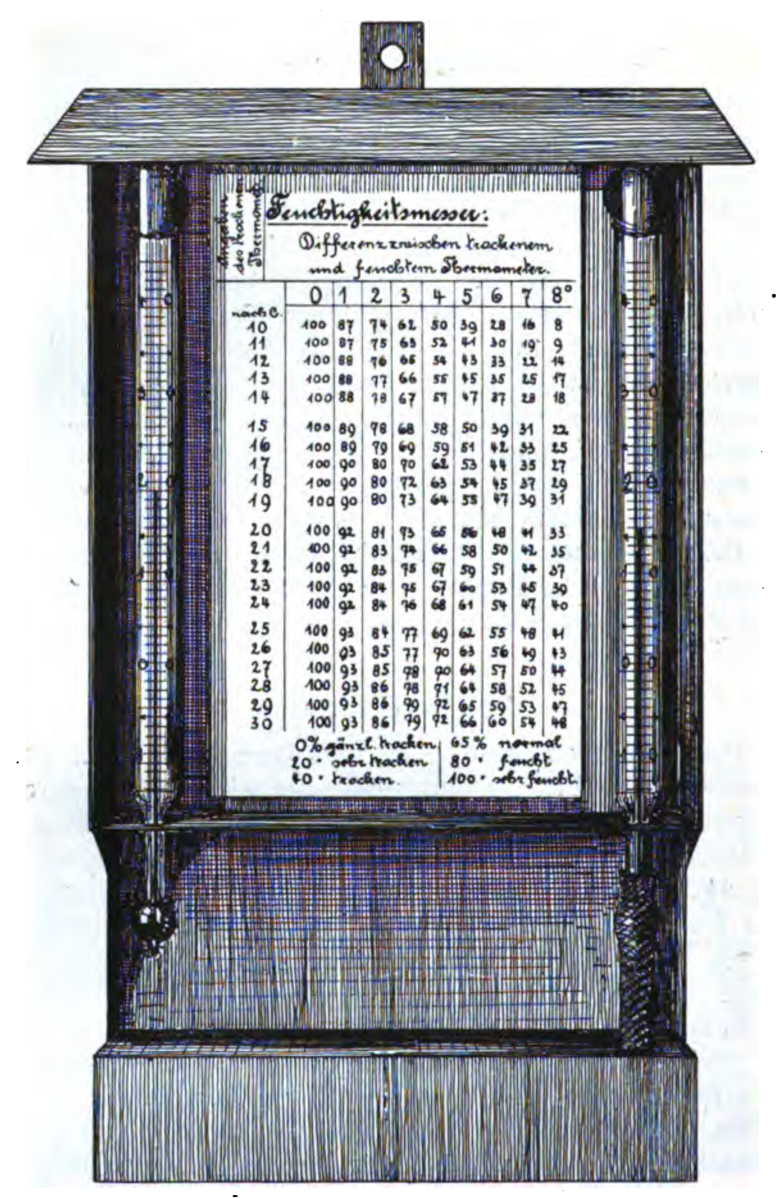


Fig. 24. Psychrometer

Der Haarhygrometer

Er beruht auf dem Prinzip der Ausdehnung durch Aufdrehen und Zusammenziehung durch Zudrehen des menschlichen Haares je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft.

Ein oder mehrere menschliche Haare sind in einem Blechkästchen senkrecht aufgespannt und stehen mit einem Zeiger in Verbindung, der die Ausdehnung und Zusammenziehung der Haare auf einer empirisch hergestellten Skala anzeigt.

Der sog. Koppsche Prozenthaarhygrometer zeichnet sich dadurch aus, daß der Sättigungspunkt (100 %) unabhängig von andern Feuchtigkeitsmessern festgestellt werden kann (Fig. 25). Die Eichung des Sättigungspunktes geschieht, indem man den Hygrometer in einen Blechkasten hängt, in dem ein durchnäßtes, mit Musselin überzogenes Rähmchen sich befindet. Dadurch ist die darin befindliche Luft vollkommen gesättigt. Stimmt nun der Zeigerstand nicht mit der Zahl 100 der Skala überein, so wird diese Skala mittelst eines beigegebenen Schlüssels soweit gedreht, daß der Zeiger auf 100 zu stehen kommt. Durch leichtes Klopfen ist festzustellen, ob der Zeiger ruhig stehen bleibt und sich nicht weiter verrückt. Nun ist das Instrument geeicht und wird wenige Minuten später die relative Feuchtigkeit der umgebenden Luft richtig anzeigen. Die Eichung muß jährlich mehrere Male vorgenommen werden.

Es kommen auch kleine bequeme Taschenhygrometer in den Handel.

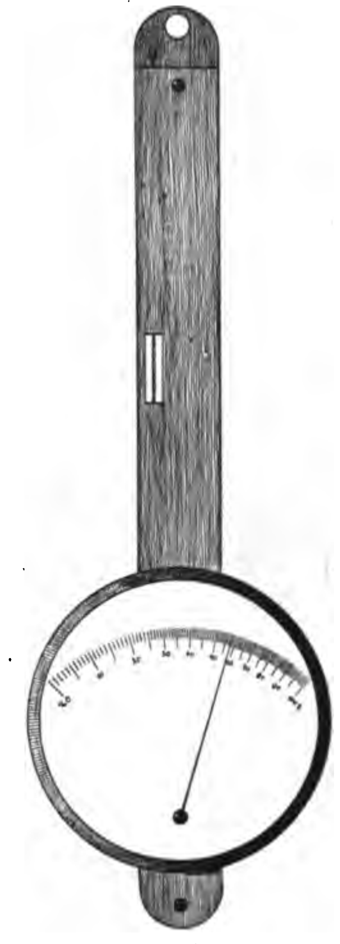


Fig. 25. Haarhygrometer

Der Hygrograph

Die Zeigerwirkung des Haarhygrometers kann ähnlich wie beim Thermographen auf einen tintengefüllten Zeigerstift übertragen werden, der den ganzen Gang der relativen Feuchtigkeit auf einen Registrierstreifen einzeichnet, welcher über eine durch Uhrwerk getriebene Trommel gezogen ist (Fig. 26). Die Trommel

dreht sich wiederum in einer Woche einmal um sich selbst. Der Registrierstreifen enthält die Feuchtigkeitsprozente, sowie Tages- und Stundeneinteilung. Außerhalb des soliden Kastens, der freien Luft ausgesetzt, aber immerhin durch Gitternetz geschützt, befindet sich der aufgespannte Haarstrang. Etwa in der Mitte ergreift ihn ein feiner Hebelarm, der bei Lockerwerden (Dehnung der Haare) rückwärts federt, bei Strafferwerden vorgezogen wird. Die feine Bewegung wird von diesem Hebel auf den langen Zeigerhebel übertragen, der die Aufzeichnung macht.

Man will aber nicht nur den Feuchtigkeitsgrad der Luft kennen, sondern vor allem die Verdunstung der Pflanzen. Eine

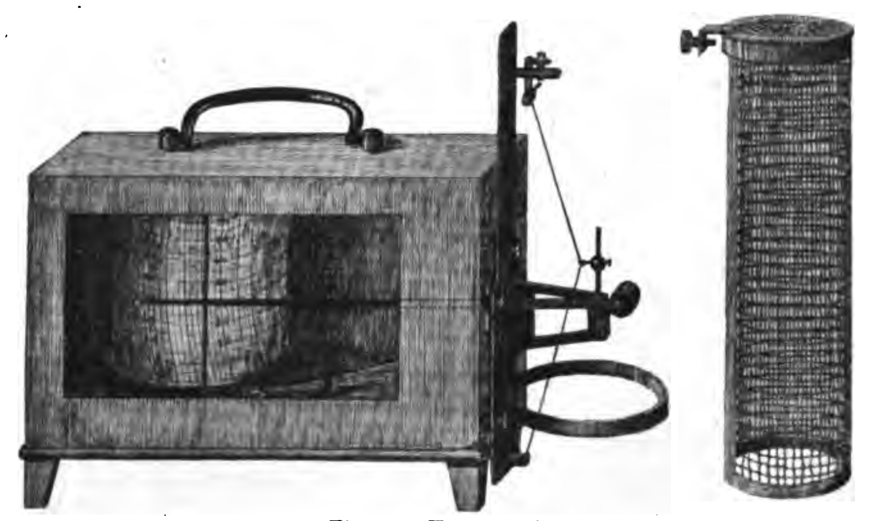


Fig. 26. Hygrograph

Vergleichszahl von gewissem Wert erhält man durch Messung der Verdunstung einer freien Wasseroberfläche wie beim Wildschen Evaporimeter.

Wildscher Evaporimeter

Dieses Instrument war bis vor kurzem allgemein im Gebrauch, steht jedoch hinter dem Atmometer weit zurück, sobald es sich um Beobachtung im Freien handelt. Es stellt eine große Briefwage dar, deren Schale eine verdunstende Wasseroberfläche von 250 cm² trägt (Fig. 27). Die Quantität des verdunsteten Wassers kann am Zeiger direkt in Millimeter abgelesen werden. Die Re-

sultate des Instrumentes sind in hohem Maße von der Aufstellung beeinflußt und lassen sich kaum untereinander vergleichen. An windigen Stellen verdunstet viel mehr als an windgeschützten.

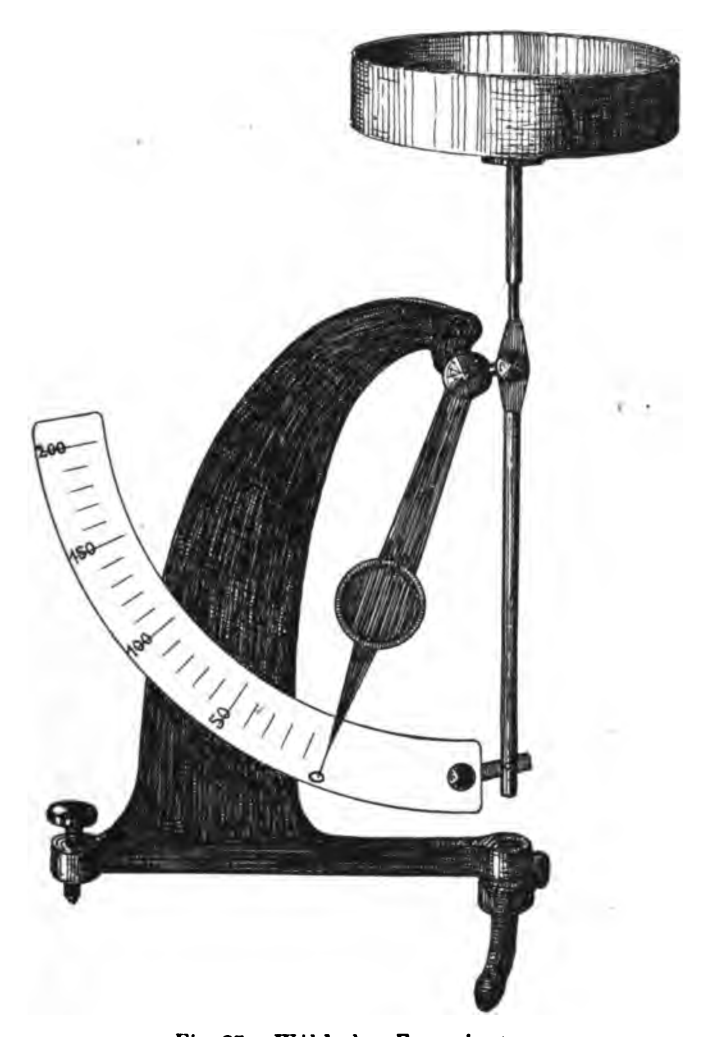


Fig. 27. Wildscher Evaporimeter

Schon geringer Wind würde die Wage in starke Hin- und Herbewegung bringen. Um dies zu vermeiden, setzt man die abgehobene Schale allein der Verdunstung aus und fügt sie nur zur Ablesung an geschütztem Ort in den Wägeapparat.

Auf ganz primitive Art und Weise führte Schade (1912, Zitat S. 19) seine Verdunstungsmessungen in den Felswänden der Sächsischen Schweiz aus.

Vermittelst einer empfindlichen Handwage, deren eine Schale befeuchtetes Löschpapier enthielt, bestimmte er die Zeit, die zur Verdunstung einer gewissen Menge Wasser nötig war. Diese Messungen geben natürlich nur die möglicherweise ganz extremen Verhältnisse wieder, die während der kurzen Beobachtungszeit, vielleicht ganz zufällig, dort gerade herrschen.

In Akron in Nordamerika, der bedeutendsten Station des Bureau of Plant Industry des Landwirtschaftsdepartements, ist eine große offene Schale in Bodenhöhe eingelassen. Man mißt direkt die freie Verdunstung. Wo aber irgendwie Vögel in der Nähe leben, werden diese durch Trinken und Baden wesentlich zur „Verdunstung" beitragen.

Muß man die Wildsche Wage wegen ihrer Konstruktion sehr gegen den Wind schützen, so kann man deswegen nur die Verdunstung an geschützten Orten messen und nicht an Pflanzenstandorten.

Die Livingstonschen Atmometer

Die besprochenen Schwierigkeiten vermeiden die Livingstonschen Tonbecher-Atmometer. Livingston hat das Verdienst, diese Atmometer, deren Prinzip zwar in der Literatur erwähnt aber wieder vergessen worden war, zu brauchbaren Instrumenten der modernen ökologischen Forschung umgestaltet zu haben.

Das Prinzip der Apparate besteht darin, daß ein wassergefüllter, poröser Tonbecher an seiner Oberfläche ähnliche Verdunstungsverhältnisse zeigt wie eine freie Wasseroberfläche, ohne die Nachteile der letzteren aufzuweisen.

Der Tonbecher muß stets voll Wasser sein. Dazu ist sein Inneres mit einem Wasserbehälter verbunden. Das von der Becheroberfläche verdunstende Wasser wird durch Kapillarwirkung durch die Poren aus dem Becherinnern ersetzt. Luftdruck und Kapillarwirkung sorgen für das Nachsteigen von Ersatzwasser aus dem Wasserbehälter in den Becher.

Bei der Entwicklung dieser Apparate handelte es sich einerseits um die Form der Tonbecher, anderseits, was besonders schwierig war, um die Ausgestaltung der Aufstellung, an welche eine Reihe von Anforderungen zu stellen ist. Livingston hat

seit 1904 öfters über seine Versuche geschrieben, er faßte dann in seiner Schrift von 1915[1]) alles zusammen; auf diese Arbeit sei für die ausführliche Bekanntmachung mit dem Gegenstand hingewiesen. Die frühere Literatur über Verdunstung hat Grace J. Livingston[2]) zusammengestellt.

Der Becher

Die gebräuchlichste Form ist der Zylinderbecher (Fig. 28). Er besteht aus einem etwa 13 cm langen porösen Tonbecher von

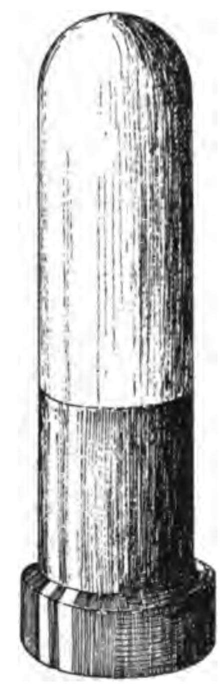


Fig. 28. Atmometer-Zylinderbecher

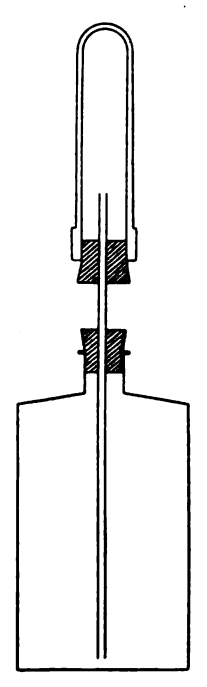


Fig. 29. Livingstons Atmometer ohne Regenschutz

etwa 2,5 cm Durchmesser. Die Wand ist etwa 3—4 mm dick. Das offene Ende des Bechers ist verdickt und schellackiert und

[1]) Burton E. Livingston, Atmometry and the porous cup atmometer. Plant World 18, 1915, S. 21—30, 51—74, 95—111, 143—149 und separat Washington 1915. Darin auch weitere Literatur.

[2]) Grace J. Livingston, An annotated bibliography of evaporation. Mo. Weather Rev. 36 und 37 und separat Washington 1909. Darin die Bibliographie bis 1908.

wird mit Gummipfropf luftdicht verschlossen. Die Länge des porösen, verdunstenden Teils beträgt 8 cm.

Die Aufstellung des Apparates

Wir haben hauptsächlich zwei Arten der Aufstellung zu unterscheiden, eine einfachere, die in vielen Fällen genügen wird, bei der aber der Regen etwas einzudringen vermag, und eine kompliziertere, welche die Fehlerquelle des eindringenden Regens vermeidet.

Die Aufstellungen von Livingston und von Amberg ohne Regenschutz.

Der Apparat besteht im wesentlichen aus dem Tonbecher, einer Zuleitungsröhre und einer Flasche als Wasserbehälter (Fig. 29). Die Glasröhre, die als Steigröhre des Wassers aus dem Behälter in den Becher dient, wird durch den Gummipfropf gesteckt und mit diesem der Tonbecher geschlossen. Sodann wird Becher und Röhre mit Wasser gefüllt. Anderseits wird eine ziemlich enghalsige Flasche mit Wasser gefüllt bis zu einer Nullmarke, die man am Halse der Flasche anbringt. Die Flasche wird durch einen Kork geschlossen, den man an die Glasröhre gesteckt hat. Im Kork ist seitlich ein Einschnitt, welcher der Luft freien Zutritt in die Flasche gestattet. Der Apparat wird nun an Ort und Stelle der Beobachtungen so aufgestellt, daß der verdunstende Tonbecher an die Stelle in der Wiese, im Baum usw. zu stehen kommt, wo man die Verdunstung messen will. Meist wird die Wasserflasche etwas in die Erde vergraben werden.

Durch die Verdunstung nimmt das Wasser in der Flasche ab. Zur Beobachtungszeit füllt man die Flasche wieder bis zur Nullmarke auf vermittelst einer Pipette, an der man die nötige zufließende Wassermenge ablesen kann. Diese ist gleich der verdunsteten Menge, welche sie ersetzt. Dieses Wiederauffüllen durch denselben Flaschenhals, in welchen der Becher eingeführt ist, bietet leicht zu Fehlern Anlaß. Amberg hat eine Aufstellung ausgearbeitet, die diesem Übelstand abhilft.

Amberg[1]) benutzt als Wasserbehälter die zweihalsigen Woulfschen Halbliterflaschen (Fig. 30). Durch den Kork des einen

[1]) Karl Amberg, Der Pilatus in seinen pflanzengeographischen und wirtschaftlichen Verhältnissen. Diss. E. T. H. Zürich 1916 und Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Luzern 1916.

Halses führt die Steigröhre, die den Verdunstungsbecher trägt Durch denselben Kork führt eine umgebogene, ausgezogene Kapillarröhre, welche Luft in die Flasche hineinläßt, aber keinen Regen. Der zweite Flaschenhals trägt die Nullmarke und durch diesen wird die Wiederauffüllung vorgenommen, ohne daß der Becheraufsatz weggenommen werden muß. Die Korke werden zur Verdichtung paraffiniert.

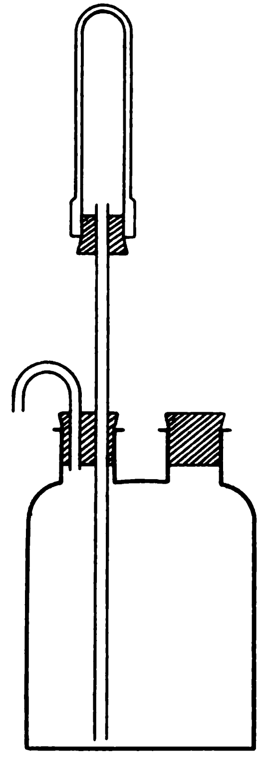


Fig. 30. Verbesserter Atmometer nach Amberg

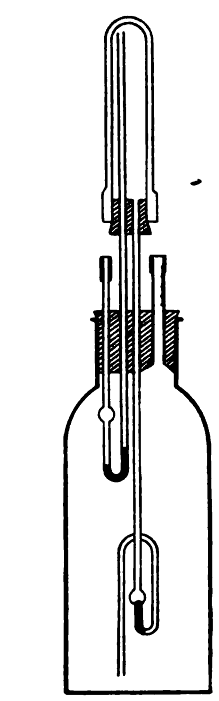


Fig. 31. Rückflußsichere Atmometeraufstellung nach Shive

Rückflußsichere Aufstellungen

Langdauernde Regen beeinträchtigen die Resultate. Der Regen, der auf den Becher fällt, kann durch den Ton eindringen und in die Wasserflasche gelangen. Bei der nächsten Ablesung findet man eine zu geringe oder gar keine Verdunstungsmenge. Um dies zu vermeiden, hat Livingston vermittelst zwei Quecksilberventilen eine rückflußsichere Aufstellung ausgearbeitet. Da-

durch wurde der Apparat sehr zerbrechlich. Um der Zerbrechlichkeit vorzubeugen, hat Shive[1]) die Aufstellung so umgebaut, daß die Ventile und Röhren ins Innere der Flasche zu liegen kommen. In dieser modifizierten Form gelangen die rückflußsicheren Aufstellungen in den Handel.

Die Shivesche rückflußsichere Aufstellung[1])

Aus dem Tonbecher führen durch den Gummipfropf zwei Glasröhren (innerer Durchmesser etwa 0,8 mm) hinaus und durch den paraffinierten Korkpfropfen in den Wasserbehälter (Fig. 31). Die eine Röhre, die bis in die Spitze des Tonbechers reicht, ist im Wasserbehälter umgebogen und verläßt ihn wieder durch den Kork, um etwa 5 cm darüber zu endigen. Die andere Röhre bildet im Behälter eine Schleife, indem sie nach der ersten Umbiegung 6—8 cm aufwärts geführt ist, um dort wieder umzubiegen und nahe dem Boden des Behälters zu endigen. Beide Röhren haben eine kugelige Ausstülpung, die obere am aufsteigenden Ast 1—2 cm über der Umbiegung, die untere am absteigenden Ast kurz vor der Umbiegung. Im Kork befindet sich noch eine Röhre von etwa 1,2 cm Durchmesser, die etwa 5 cm über dem Kork endigt. Sie enthält die Nullmarke des Apparates. Zugleich können dort etwaige Luftblasen entweichen, die sich bei der Füllung am Kork ansammeln.

Zur Inbetriebsetzung des Apparates werden die Röhren mit dem Kork auf der Flasche befestigt, sodann läßt man in die beiden engen Röhren soviel Quecksilber hineintropfen, daß es etwa 5—6 cm der engen Röhren füllt. Die Flasche wird durch die weite Röhre mit Wasser gefüllt. An der äußeren Mündung der obern engen Glasröhre bringt man einen Kautschukschlauch an und saugt daran. Das Wasser der Flasche steigt in der untern Röhre, das Quecksilber weicht in die Ausstülpung aus, das Wasser steigt in den Tonbecher, füllt diesen bis oben an und dazu noch die obere Glasröhre, indem es wieder an dem in die Ausstülpung ausweichenden Quecksilber vorbeifließt bis zum Ansaugeschlauch. Die Flasche wird bis zur Nullmarke gefüllt, die äußeren Röhrenenden mit Glasbecherchen zugedeckt, damit kein Regen hineingelangt. Der Apparat ist gebrauchsfertig.

---

[1]) John W. Shive, An improved non-absorbing porous cup atmometer. Plant World 18, 1915, S. 7—10.

Eine Auswechslung von Tonbechern ist einfach. Man nimmt den Becher aus dem Gummipfropf weg, setzt den neuen auf und füllt ihn durch Ansaugen. Beim Verdunsten des Wassers aus dem Tonbecher wird aus dem Behälter durch die untere Röhre Wasser nachgesogen, wobei das Quecksilber in die Ausstülpung ausweicht und das Wasser vorbeifließen läßt. Im obern Rohr wird das Quecksilber, wie die Figur zeigt, nur etwas im Steigrohr gehoben, bis der Druck ausgeglichen ist, aber weder Wasser noch Luft kann durchgehen. In dieser Stellung arbeitet der Apparat in normaler Weise.

Während des Regens verhindern die Quecksilberventile das Eindringen von Regenwasser in den Tonbecher und den Behälter. Durch den Regendruck wird das untere Quecksilber in den aufsteigenden Ast gedrückt, es läßt aber kein Wasser durch, das obere Quecksilber ebenfalls nicht, da es nicht bis zur Ausstülpung steigen kann bei dem ganz geringen Regendruck. Wassereintritt durch die Becherporen ist also verhindert. Der Fehler, der durch die Verschiebung der Quecksilberfäden entsteht, wurde bei 0,8 mm innerem Röhrendurchmesser und nicht mehr als 30 cm Höhendifferenz zwischen Tonbecher und Wasseroberfläche in der Flasche auf 0,01 ccm berechnet, also ein für gewöhnliche Messungen nicht in Betracht fallendes Maß.

Johnstons Aufstellung

Zur Vermeidung der vielen Pfropfdurchbohrungen und des einen Quecksilberventils hat Johnston[1]) eine andere Anordnung empfohlen (Fig. 32), die er besonders für sehr poröse Becher benutzt, bei denen das Ansaugen durch den Tonbecher wegen zu leichter Luftdurchlässigkeit des Tones versagt.

Durch den Flaschenkork zieht eine etwa 18 cm lange Glasröhre, deren innerer Durchmesser etwa 6 mm beträgt. Man braucht ferner zwei engere Glasröhren, die genau in diese erste hineinpassen. Die obere etwa 10 cm lange wird auf 3—4 cm in eine Kapillare ausgezogen. Die untere Röhre wird in eine lange Kapillare ausgezogen und diese zurückgebogen, so daß ihr Ende kurz oberhalb des Verengerungsbeginns zu liegen kommt (Fig. 33). Die Umbiegung muß so scharf sein, daß die beiden Kapillarschenkel,

[1]) Earl S. Johnston, A simple non-absorbing atmometer mounting. Plant World 21, 1918, S. 257—260.

die nebeneinander herlaufen, in die weitere Röhre hineingeschoben werden können. Kautschukschlauchstückchen halten die Enden der weiteren Röhre an die engeren gebunden. Nachdem der Kork an der weiteren Röhre angebracht ist, wird die untere enge Röhre mit der Kapillarschleife hineingesteckt. Sodann wird von oben Quecksilber in die weite Röhre gegossen, bis das Kapillarenende der sich darin befindenden unteren Röhre 6—7 mm hoch damit bedeckt ist.

Zur Inbetriebsetzung wird die Flasche mit Wasser gefüllt, der Korkpfropf mit den zwei besprochenen Röhren und einer umgebogenen kurzen Lufteinlaßröhre eingesetzt, die weite Röhre bis oben mit Wasser gefüllt. Der Tonbecher mit der oberen Röhre wird ebenfalls voll Wasser gemacht und mit dem Kapillarende in die weite Röhre hineingestülpt und befestigt, ohne daß dabei Luft eintreten darf.

Livingstons neueste vereinfachte Aufstellung

Es ist Livingston neuerdings gelungen[1]), eine Aufstellung zu konstruieren, die einereits viel billiger ist und anderseits die zerbrechlichen Ventile vermeidet (Fig. 34). Die Verbindung zwischen Becher und Flasche besteht einfach aus einer 6—7 mm dicken Glasröhre, wie die Figur zeigt. In diese Röhre wird ein einfaches, gut wirksames Quecksilberventil eingelegt, indem man etwas Glaswolle festrollt und hineinstopft und flach abschneidet. Auf diesen Glaswollpfropfen gießt man 5—8 mm hoch Quecksilber und steckt darüber wieder einen Glaswollpfropfen. Das Quecksilber ist nun eingeschlossen und kann in keiner Lage des Apparates auslaufen. Im übrigen wird der Apparat wie die bisherigen behandelt.

Vorsichtsmaßregeln

Es sollte nur destilliertes Wasser zur Anwendung kommen, da Verunreinigungen des Wassers das Verdunstungsmaß der Tonbecher sehr rasch herabsetzen. Es bilden sich im Ton bald Algen, welche die Poren verstopfen. Um die Bildung der Algen zu verhindern, kann der Becher vor der Aufstellung mit Sublimatlösung von 1‰ gespült werden. Kalkhaltiges Wasser ist natürlich auch ganz unbrauchbar, da der Kalk bald die Poren verstopft.

---

[1]) Burton E. Livingston u. Frank Thone, A simplified non-absorbing mounting for porous porcelain atmometers. Science, 52, 1920, S. 85—87.

Der poröse Teil des Bechers soll übrigens nie mit den Händen angefaßt werden; zum Halten dient ausschließlich der glasierte Teil.

Um die Luft zu Beginn aus den Poren zu verdrängen, kann der Becher zuerst in Alkohol und dann in destilliertes Wasser gelegt werden.

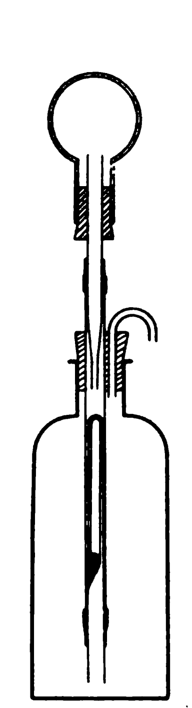


Fig. 32. Rückflußsichere Atmometeraufstellung nach Johnston

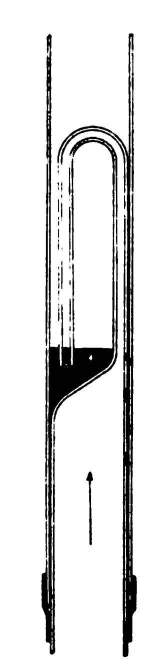


Fig. 33. Quecksilberventil von Johnstons Atmometeraufstellung

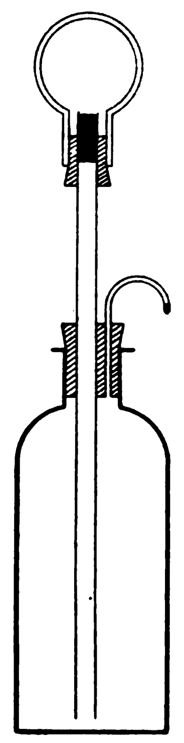


Fig. 34. Livingstons vereinfachte Atmometeraufstellung mit Regenschutz

Normalbecher und Eichung

Normalbecher und Verdunstungseinheit sind erstmals willkürlich gewählte Größen. Bei der Erfindung des Apparates mußte eine Einheit gewählt werden. Im Jahre 1907 zeigten von Livingstons Sammlung von 150 Bechern etwa die Hälfte dieselbe Verdunstung; diese Gruppe von Bechern nahm er als Normalbecher und bestimmte für alle übrigen, für die unzähligen, seither angefertigten, den Korrektionsfaktor, um ihre Ablesungen vergleichbar zu erhalten. Der poröse Teil des Zylinders dieser ersten als

Normalbecher bezeichneten Instrumente hatte eine Länge von 6 cm. Später erwies sich eine Länge von 8 cm geeigneter; diese längeren Becher verdunsten natürlich mehr. Der Korrektionsfaktor der jetzt käuflichen Becher bewegt sich zwischen 0,67 und 0,79. Während des Gebrauches müssen die Becher von Zeit zu Zeit wieder geeicht werden. Man läßt die zu eichenden Becher mit einem geeichten, dem Prüfer, unter ganz gleichen Bedingungen verdunsten, der Vergleich der verdunsteten Wassermenge ergibt den Korrektionsfaktor. Um identische Bedingungen herzustellen, werden die zu prüfenden Apparate mit dem Prüfer in gleichen Abständen auf einem horizontal kreisenden Rad (Velorad oder dergl.) montiert, das Rad durch einen elektrischen Antrieb oder dergl. in gleichmäßige Drehung versetzt. In Tucson dreht sich die Prüfmaschine mit einer Geschwindigkeit von drei Umdrehungen in der Minute; ein elektrischer Fächer bewegt die Luft, um starke Verdunstung zu erzeugen. Nach einiger Zeit werden die verdunsteten Mengen abgelesen, der Faktor bestimmt, die Maschine wieder in Gang gesetzt und der Faktor zur Kontrolle ein zweites Mal bestimmt. Die so geeichten Becher können in Betrieb genommen werden und auch als Prüfer für die nächsten Eichungen zurückgelegt werden. Vor dem Eichen läßt man die Becher einige Stunden in Betrieb, um etwaige Anfangsfehler zu vermeiden.

Den Korrektionsfaktor erhält man, indem man die in gegebener Zeit durch den Prüfer verdunstete Wassermenge p durch die vom zu eichenden Becher verdunstete Menge a teilt. Hat bei einer Messung der Prüfer 37 ccm Wasser verdunstet, der zu eichende Becher 39 ccm, so ist sein Verhältnis $\frac{37}{39} = 0{,}95$. Hatte der Prüfer schon den Faktor 0,73, der bei den käuflichen Bechern häufig ist, so ist der neue Becher mit $0{,}73 \cdot 0{,}95 = 0{,}69$ zu bezeichnen. In sehr häufigen Fällen werden viele Becher denselben Faktor haben. Amberg fegte übrigens seine Becher alle zwei Wochen mit rauher Zahnbürste und destilliertem Wasser; bei dieser Behandlung veränderte sich die Porosität im Laufe des ganzen Sommers fast gar nicht.

Kurzzeit-Verdunstungsmesser

Die besprochenen Messungen sind alles Summenmessungen. Man mißt nicht die Verdunstungskraft der Luft in einem bestimmten

Moment, wie man etwa die Temperatur eines Momentes abliest, sondern die in einer gewissen Zeit verdunstete Wassermenge. Je nach den unternommenen Studien wird man stündliche, tägliche oder wöchentliche Ablesungen machen.

Für momentane, d. h. ganz kurzfristige Bestimmungen haben Johnston und Livingston[1]) eine Abänderung der Aufmachung erfunden. Dazu muß der Becher sein Wasser aus einer feinen Bürette ziehen, die eine Einteilung in Hundertstel Kubikzentimeter enthält. Die Bürette ist unten umgebogen und ist mit dem umgebogenen Schenkel in den Tonbecher eingeführt (Fig. 35). Die Verbindungsröhre zwischen Becher und Wasserbehälter trägt einen Hahn. Beim gewöhnlichen Betrieb steht das Wasser in Bürette und Flasche gleich hoch (oder schwach verschieden infolge der Kapillarität). Will man nun die momentane Verdunstungsstärke kennen, so schließt man den Hahn. Der verdunstende Becher zieht jetzt sein Wasser ausschließlich aus der Bürette, in der die Abnahme in wenigen Sekunden gemessen werden kann. Sinkt das Wasser der Bürette z. B. in 20 Sekunden um einen Teilstrich, d. h. $^1/_{100}$ ccm, so entspricht das einer Verdunstungskraft von 180 mal so viel in der Stunde, also 1,8 ccm. Fallen 120 Sekunden auf $^1/_{100}$ ccm, so ergibt dies 0,3 ccm auf die Stunde. Oder man liest nach bestimmter Sekundenzahl ab: Ist nach 100 Sekunden das Wasser um 4 Teilstriche gefallen, so entspricht dies $^4/_{100} \cdot 36 = 1{,}44$ ccm auf die Stunde. Man darf natürlich die Bürette nie leer werden lassen, weil Luft in den Becher steigen würde, sondern man öffnet rechtzeitig wieder den Hahn, wodurch der Wasserausgleich mit der Wasserflasche wiederhergestellt wird.

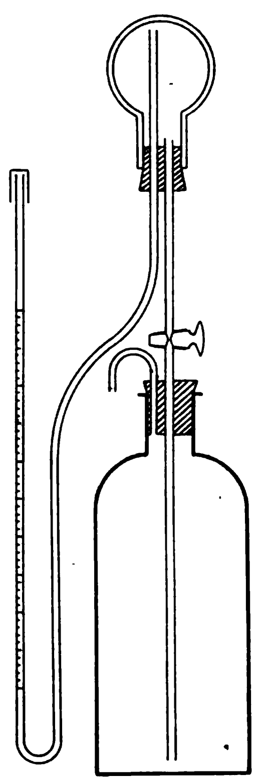


Fig. 35. Kurzzeit-Verdunstungsmesser nach Johnston und Livingston

[1]) Earl S. Johnston u. Burton E. Livingston, Measurement of evaporation rates for short time intervals. Plant World 19, 1916, S. 136—140.

Andere Becherformen

Das Prinzip des Atmometers veröffentlichte **Bellani** 1820. Die Form, die er damals vorschlug, war nicht ein Zylinder, sondern eine Fläche. Es werden von **Livingston** auch solche flache Becher in den Handel gebracht. Porös ist die obere Kreisfläche, die Seitenflächen sind glasiert (Fig. 36).

Die länglichen Tonbecher werden nach der Stellung zur Himmelsrichtung, d. h. gegen Sonne und Wind, verschiedene Resultate ergeben, je nachdem eine große Seitenfläche, oder die kleine

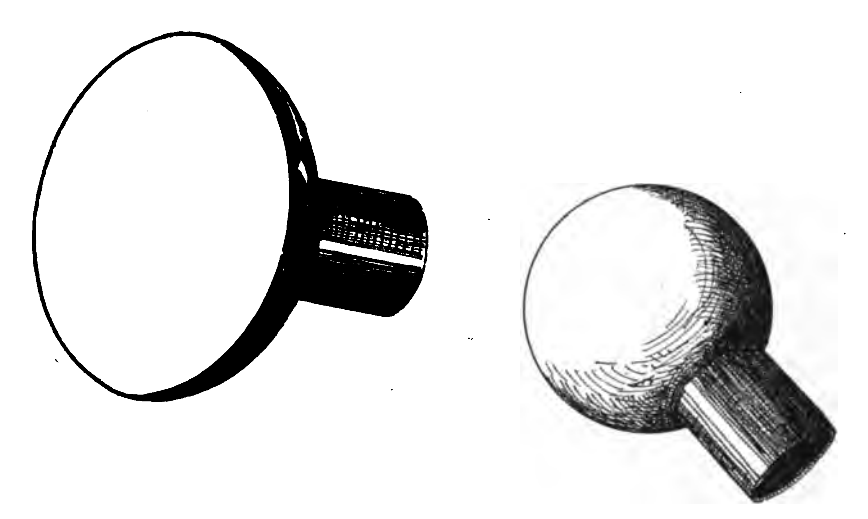


Fig. 36. Bellani-Atmometerbecher und Kugelatmometerbecher

stark gewölbte Endkuppel der Sonne ausgesetzt ist. Um diesem Übelstand abzuhelfen, versuchte **Livingston** kugelförmige Tonbecher herstellen zu lassen, was in den letzten Jahren gelungen ist. Diese bieten nach allen Seiten der Sonne oder dem Wind ein gleich großes Kugelsegment dar (Fig. 36).

Radio-Atmometer

Es kommen auch schwarze Kugelatmometerbecher in den Handel. Die schwarzen Becher nehmen strahlende Wärme in hohem Maße auf und zeigen in der Sonne eine größere Verdunstung.

Es dürfte eine Liste der Apparate willkommen sein, die bezogen werden können bei der „Atmometer apparatus Co.“ per

Adresse „Laboratory of Plant Physiology“, Johns Hopkins University, Baltimore, Md. U. S. A.:

Listen-Nummer		Preis seit 1920 1 Stück	10 Stück
1 A	Geeichte Zylinderbecher	$ 1,40	$ 13,00
1 B	Ungeeichte Zylinderbecher	1,10	10,00
3	Ungeeichte schwarze Kugelbecher . .	3,50	34,00
3 A	Geeichte „ „ . .	4,00	37,00
5	Ungeeichte Bellani-Platten	2,60	25,00
5 A	Geeichte „ „	2,90	27,00
6	Ungeeichte weiße Kugelbecher . . .	2,40	22,00
6 A	Geeichte „ „ . . .	2,90	27,00
17	Kreisender Eichungstisch	50,00	
20 C	Shives rückflußsichere Aufstellung für Zylinderbecher	6,50	60,00
20 S	Shives rückflußsichere Aufstellung für Kugelbecher	6,50	60,00
21 C	Einfache Aufstellung für Zylinderbecher	0,40	4,00
21 S	Einfache Aufstellung für Kugelbecher	0,40	4,00
	Wiedereichung von Atmometerbechern	0,40	4,00
	Reinigung „ „	0,40	4,00
	Reinigung und Wiedereichung . . .	0,75	7,50

Verdunstungsmessungen mit Kobaltpapier

Kobaltchlorid hat die Eigenschaft, in trockenem Zustand blau, in feuchtem rot zu sein. Durch Auflegen von trockenem, mit Kobaltchlorid getränktem Papier auf einen Gegenstand kann man erkennen, ob dieser Feuchtigkeit abgibt; in diesem Falle schlägt die Farbe nach einiger Zeit in Rot um. Diesen Umstand benutzte Stahl[1]), um die Transpiration von Blättern zu demonstrieren. Livingston[2]) verbesserte die Methode, indem er einen leicht handlichen Apparat dazu erfand und die Messungen quantitativ ausführte und die Verdunstung des Blattes auf die Verdunstung einer freien Wasseroberfläche bezog. Dieses Verhältnis nannte er die Verdunstungskraft (Transpiring power). Über diese

[1]) Ernst Stahl, Einige Versuche über Transpiration und Assimilation. Bot. Zeitung 52, 1894, S. 117—146.

[2]) Burton E. Livingston, The resistance offered by leaves to transpirational water loss. Plant World 15, 1913, S. 1—35.

Verdunstungskraft haben seither sehr eingehend Bakke[1]) u. a. gearbeitet.

Der Apparat, den ich anwandte[2]), ist ein Blechkästchen von etwa 11 cm Länge, 3 cm Breite und 3 cm Höhe. Die 1—2 mm vertieft eingelassene Decke hat auf der einen Seite ein Loch, der übrige Teil wird mit einem Objektträger bedeckt. In das mit



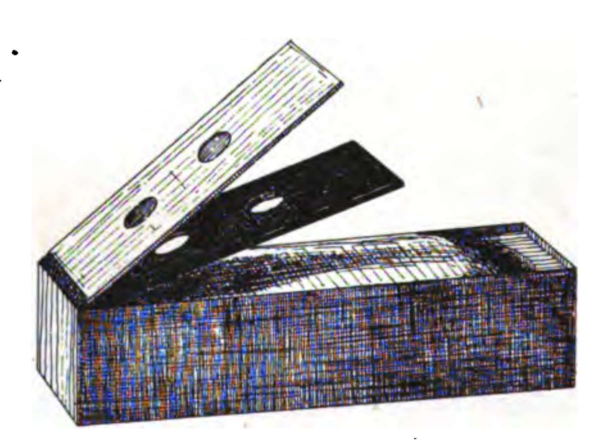


Fig. 37. Kobaltpapier-Evaporimeter

Wasser gefüllte Kästchen wird ein Filtrierpapierstreifen gesteckt, dessen oberes Ende über den Objektträger gelegt wird (Fig. 37).

---

[1]) A. L. Bakke, Studies on the transpiring power of plants as indicated by the method of standardized hygrometric paper. Journ. Ecol. 2, 1914, S. 145 bis 178. A. L. Bakke, The index of foliar transpiring power as an indicator of permanent wilting. Botanical Gazette, 60, 1915, S. 314—319.

[2]) Eduard Rübel, Experimentelle Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Wasserleitungsbahn und Transpirationsverhältnissen bei *Helianthus annuus* L. Beihefte zum Bot. Centralbl. 37, Abt. 1, Heft 1, S. 1—62, Tafel 1—19.

Dieses kapillar stets naß gehaltene Filtrierpapier verdunstet wie eine freie Wasseroberfläche. Darüber legt man eine objektträgerförmige Hartgummiplatte von 1 mm Dicke, in die zwei kreisrunde Löcher von 8 mm Durchmesser gebohrt sind. Darüber läßt sich ein mit Klebtaft ans Kästchen befestigter Objektträger klappen, der auf seiner Oberseite mit Papier überzogen ist, das an denselben Stellen wie die darunter liegende Platte kreisrunde Löcher enthält.

Auf die Unterseite dieser Glasplatte wird über das eine Loch ein Stück Kobaltchloridpapier geklebt. Dieses befindet sich bei zugeklapptem Apparat auf dem Loch der Hartgummiplatte stets gleichmäßig 1 mm über dem nassen Filtrierpapier und behält daher eine gleichmäßige rosa Farbe. Über das andere Loch legt man trockenes blaues Kobaltchloridpapier, klappt rasch zu und bestimmt mit der Stoppuhr die Zeit, die vergeht, bis das blaue Papier den rosa Ton des danebenliegenden Papieres angenommen hat. Wie bei allen Bestimmungen, die auf Farbwechsel beruhen, braucht es längere Übung, bis man mit einiger Genauigkeit und Gleichmäßigkeit den Zeitpunkt der Farbübereinstimmung trifft. Es liegt darin naturgemäß ein subjektiver Faktor.

Das benutzte Meßpapier muß sehr gut und fein sein. Es wurde von mir A. Juckers Nr. 1214, 70 × 100 benutzt. Streifen dieses Papiers wurden mit 3proz. $CoCl_2$-Lösung getränkt, getrocknet und in einzelne Quadratzentimeter zerschnitten.

Während der Messungen müssen diese Papierchen stets trocken gehalten werden. Ein Exsikkator genügte dazu nicht, da bei dem häufigen Öffnen zum Herausnehmen von Papierchen die austrocknende Wirkung desselben viel zu gering ist. Vielfach wird das Papierfetzchen direkt vor dem Gebrauch über einer Spiritus- oder Azetylenlampe getrocknet. Da ich aber die Versuche an den Pflanzen im Freien vornehmen wollte, sollte eine gegen den Wind geschützte Flamme verwendet werden.

Eine etwa 40 cm hohe Konservenbüchse wurde auf einem Brett befestigt, unten Luftlöcher angebracht und eine Spirituslampe hineingestellt. Oben wurde eine Blechschale hineingehängt, in welche die Papierchen zu liegen kommen, darüber eine Glasplatte gelegt. In dieser warmen trockenen Luft blieben die Papierchen stets gut blau und wurden doch nicht zu heiß. Dieser Apparat ist leicht tragbar, so daß man ihn zu den zu messenden Pflanzen bringen kann.

Für die Messung am Blatt wurde eine Drahtfederkluppe benutzt (Fig. 38). An die beiden vorderen Enden sind Metallstreifen befestigt, an welche kleine Glasrechtecke geklebt sind, so daß man den zu messenden Blatteil zwischen die zwei Glasplatten klemmt. Der Druck ist so gering, daß die Beschädigung des Blattes ausgeschlossen ist. Dies ist natürlich Bedingung, da eine beschädigte Stelle sofort eine andere, größere Verdunstung aufweist. Ein Papierchen wird zwischen Pflanzenblatt und Glasdecke gebracht und wiederum mit der Stoppuhr die Zeit bestimmt, die verrinnt, bis das blaue Papierchen die rosa Farbe des daneben gehaltenen, nicht getrockneten Papiers angenommen hat.

Dadurch, daß das Papierchen im Moment des Messens von Glas bedeckt ist, ist der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das



Fig. 38. Transpirationsmesser für Kobaltpapier

Papier ausgeschaltet. Die Zeit ist aber von der Temperatur abhängig. Mit höherer Temperatur steigt die Dampfspannung an der Blattoberfläche und die Reaktionszeit wird verkürzt. Nach Livingston und Bakke geschieht dies im selben Maße bei den Wasseroberflächenmessungen wie bei den Blattmessungen, so daß der Quotient, der Verdunstungskraftindex, von der Temperatur unabhängig wird. Dies setzt voraus, daß das Blatt dieselbe Temperatur hat, wie die umgebende Luft und besonders wie der Apparat, wo die Verdunstung der freien Wasseroberfläche gemessen wird.

Den Unterschied der Temperatur zwischen Blatt und umgebender Luft nimmt Livingston als so gering an, daß man ihn vernachlässigen könne, da er innerhalb der ziemlich großen Fehlerquellen der Methode liegt. Da es nun sehr zeitraubend und umständlich ist, bei jeder Blattmessung auch wieder eine Wasseroberflächenmessung bei derselben Temperatur zu machen, suchte man sich eine Tabelle für die letzteren zu konstruieren.

Bakke hat empirisch eine Kurve konstruiert, aus der für sein Papier für die Temperaturen von 25—39° die Anzahl Sekunden des Wasseroberflächenkoeffizienten herausgelesen werden kann. In ihrer neuesten Arbeit (1916) benutzen Trelease und Livingston[1]) dazu die Dampfdruckkurve, indem die Zeit dem maximalen Dampfdruck umgekehrt proportional sei. Ob dies in jedem Fall und bei jeder Temperatur verwendbar ist, dürfte wohl erst durch reichliche Experimente in dieser Richtung klargelegt werden.

Rechne ich die Dampfdruckkurve in Bakkes experimentell erstellte Kurve hinein, so stimmt es nicht besonders gut. Eine konstruierte Kurve hat den Vorteil, nicht nur die späteren Messungen zu vereinfachen, sondern auch von den Zufälligkeiten einzelner Messungen unabhängig zu machen.

Es wurden nun aus einer großen Zahl Messungen verschiedener Tage zwischen 9° und 19° die Mittel gebildet und in ein Koordinatensystem eingetragen, in welchem die Abszissen die gemessenen Stundenzahlen sind und die Ordinaten die Temperaturen. Zu dieser empirisch gefundenen Kurve wurde die Dampfdruckkurve konstruiert. Für die vorkommenden Temperaturen stimmt sie gut überein, so daß sie mit Vorteil benutzt werden kann zur Berechnung der Verdunstungskraftzeiger.

W bedeute die Zeit in Sekunden, die das Papier zum Farbwechsel über freier Wasseroberfläche braucht, B diejenige über dem Blatt, dann ist $\frac{W \cdot 100}{B}$ der Verdunstungskraftzeiger.

W wechselt nun seinen Wert mit der Temperatur nach der Dampfdruckkurve. Bei meinem Papier brauchte es z. B. bei 11° 38 Sekunden zur Rötung:

$$W_{11^\circ} = 38$$

Das W bei einer Temperatur t verhält sich nun zu W_{11° umgekehrt proportional wie die Dampfspannung, also wie Dampfspannung D_{11° zu D_t.

$$\frac{W_t}{W_{11^\circ}} = \frac{D_{11^\circ}}{D_t}$$

$$W_t = \frac{D_{11^\circ} \cdot W_{11^\circ}}{D_t} = \frac{D_{11^\circ} \cdot 38}{D_t}$$

[1]) Trelease, S. F. and Livingston, B. E., The daily march of transpiring power as indicated by the porometer and by standardized hygrometric paper. Journ. Ecol. 4, 1916, S. 1—14.

Aus den Dampfspannungstabellen nach Regnault ersieht man $D_{11°} = 9,792$, rund 9,8, also $W_t = \frac{9,8 \cdot 38}{D_t} = \frac{372,4}{D_t}$

Nun kann für jede Temperatur die Dampfspannung aus den Tabellen genommen werden und auf die einfachste Weise die Kurve der W_t konstruiert worden.

Verbesserungen der Kobaltmethode

Die Methode hat eine ganze Reihe Fehler, an deren Verbesserung Livingston und Shreve gearbeitet haben.

Herstellung des Kobaltchloridpapiers

Um gleichstark wirkendes Papier zu erhalten, muß es stets genau nach Rezept verfertigt werden. Das von Livingston am besten befundene Papier ist „Whatman filters No. 30“ (11 cm Umfang).

Die $CoCl_2$-Lösung enthält 3 g $CoCl_2$ auf 100 ccm Wasser unter Beifügung von ein wenig Salzsäure. Das trockene Papier wird in die Lösung getaucht und das Gefäß während 1 Minute bewegt, wobei das Papierblatt mehrmals umgewendet wird. Hierauf wird das Blatt auf eine saubere Glasplatte gebracht und der Überschuß an Feuchtigkeit mit einer photographischen Walze (einer Walze, die zum Glätten der Photographien dient) herausgepreßt. Das Pressen wird wiederholt und verstärkt, nachdem man ein sauberes Stück Löschpapier auf das Kobaltpapier gelegt hat. Dann kommt dasselbe zwischen zwei Stücke Löschpapier und wird im Ofen getrocknet, jedoch nicht bis zur Bläuung. Sobald das Papier die blaßrötliche Färbung zeigt, wird es zwischen zwei Blättern Filtrierpapier unter einem elektrischen Bügeleisen gründlich getrocknet.

Nach völliger Trocknung muß das Papier, um benutzt werden zu können, deutlich blauer sein, als das intensivere Blau der beiden nachfolgend beschriebenen Normaltöne.

Die Intensität kann verschieden stark gemacht werden, je nachdem man das Papier längere oder kürzere Zeit in der $CoCl_2$-Lösung läßt.

Der Gebrauch eines Dauer-Normaltones

Zwei hauptsächlichste Fehlerquellen machen sich bei der früher angewandten Kobaltchloridmethode geltend: ein Beginn-Fehler und ein End-Fehler.

Der Beginnfehler entsteht während des Auflegens des Meßpapiers auf die zu messende Stelle der Pflanze. Er kann praktisch nicht vermieden werden; das Meßpapier kommt aus der Trockenschale für kürzere oder längere Zeit mit der Außenluft in Berührung, erleidet deren Einwirkung und erhält so eine, wenn auch oft nur geringe Veränderung.

Um diesen Beginnfehler auszugleichen, wendet Livingston den Beginn-Normalton an. Ein Stückchen Papier wird bleibend blau gefärbt und zwar etwas schwächer blau als das völlig trockene Kobaltchloridpapier. Dieses Normalpapier wird mit dem Meßpapierchen auf die Meßstelle gebracht, die Dauer der Entfärbung des Meßpapiers aber erst vom Momente an gerechnet, wo das Meßpapier die Tönung des Normalpapiers erreicht hat. Auf diese Weise kann der Ausgangspunkt der Messung fest fixiert werden. Dasselbe hat nun auch für den Endpunkt der Messung zu geschehen.

Hierzu verwendet man gleichfalls ein farbbeständiges lichtblau gefärbtes Papier, das aber nur noch schwach blau erscheint. Mit dem Beginn-Normalpapier und dem Meßpapier wird zu Beginn der Messung auch dieses End-Normalpapier auf die Meßstelle gebracht.

Der Endpunkt der Messung ist festgelegt, sobald das Meßpapier die Tönung des End-Normalpapiers erreicht hat.

Auf diese Weise werden Ausgangs- und Endpunkt der Messung $\pm$ sicher festgelegt und Beginn- und Endfehler sozusagen vermieden.

Herstellung der permanenten Normaltöne (Dauerpapier)

Sie geschieht durch Niederschlag von Preußischblau auf Filtrierpapier in ähnlicher Weise wie bei der Herstellung des $CoCl_2$-Papiers. Das Papier wird zuerst mit Eisenchloridlösung getränkt, hierauf in eine konzentrierte Lösung von Kaliumferrozyanid ($2\,Fe_2Cl_6 + 3\,K_4FeCy_6 = Fe_4(FeCy_6)_3 + 12\,KCl$) gebracht und dann getrocknet (mit dem elektrischen Bügeleisen).

Die genaue Anleitung zur Zubereitung des Normalpapiers ist sehr kompliziert und verlangt einige Praxis. Sie ist bei Livingston und Shreve beschrieben[1]). Das Papier für die intensivere

[1]) Burton E. Livingston und Edith B. Shreve, Improvements in the method for determining the transpiring power of plant surfaces by hygrometric paper. Plant World 19, 1916, S. 287—309.

Normaltönung bleibt 1—2 Minuten, das für die schwächere Endtönung 10—15 Sekunden im Eisenchloridbad.

Nach dem Trocknen werden die gefärbten Streifen mit beiden Normaltönen verglichen und alle Farbenabweichungen ausgeschieden. Das Papier der beiden Normaltöne wird für gut befunden, sobald es, während einiger Tage der Luft und dem Sonnenschein ausgesetzt, seine Farbe nicht mehr ändert und sobald diese Farbe auch über dem Verdunstungsapparat oder über einem Blatt sich gleichbleibt.

Zusammengesetzte Papierstreifen

Zur Vereinfachung der Handgriffe beim Messen wird von Livingston und Shreve ein zusammengesetzter Papierstreifen verwendet.

Kobaltpapier und Dauerpapier werden in Streifen von 4,5 mm Breite und 6—8 cm Länge zerschnitten. Die Streifen werden nebeneinandergelegt, das Kobaltpapier in der Mitte. Hierauf werden sie mit einem schmalen Streifen weißseidenen Englischpflasters zusammengeklebt und dann schmale Streifen des Englischpflasters auch in horizontaler Richtung über die Papiere geklebt, in Abständen von 4 mm. Sodann schneidet man mit der Schere durch das Zentrum der horizontalen Pflasterstreifen und erhält so die zusammengesetzten Streifen, wovon jeder etwa 9 mm lang und 5 mm breit und von einem schmalen Bändchen weißen Pflasters eingefaßt ist.

Die Handhabung der zusammengesetzten Streifen geschieht wie die der einfachen Streifen. Mit dem Meßpapier kommen die beiden Normaltöne automatisch auf die Meßstelle zu liegen. Während das Meßpapier sich entfärbt, behalten aber die Permanentpapiere ihre Farben.

Methode der Trocknung

Für vorteilhaft befunden wurden eine Reihe sehr kleiner Exsikkatoren, deren jeder gerade einen einzigen oder zwei Papierstreifen hält. Beim jeweiligen Gebrauch wird dann ein Exsikkator nach dem andern geöffnet. Ganz kleine Salbengläschen mit Stöpseln wurden hierfür geeignet befunden.

Sie werden mit nahezu wasserfreier Phosphorsäure gefüllt und darüber ein Stückchen feiner Gase befestigt. Nachdem die Gläs-

chen verschlossen worden sind, verbleibt der Papierstreifen unbeschränkte Zeit lang trocken.

Im Laboratorium kann man mit Vorteil eine elektrische Wärmeplatte zur raschen Trocknung der Streifen verwenden.

Die Dauertöne sind nunmehr käuflich bei der Atmometerapparatus Co., Laboratory of Plant Physiology, Johns Hopkins University, Baltimore, Md, U. S. A.

114. Wind

Eine große Bedeutung des Windes liegt in seiner Eigenschaft als Samenverbreiter auf geringere oder größere Strecken, ferner als Pollenverbreiter für die Befruchtung der Windblütler. Daneben macht sich die Wirkung andauernder Winde auf die Pflanzenform bemerkbar[1]). Die Knospen der Windseite können sich nicht entwickeln, die der Leeseite werden daher gefördert. Bäume und Sträucher nehmen Windformen an. Wo starke Winde häufig herrschen, nähern sich viele Pflanzen der Polsterform. Kommen Polsterpflanzen schon an und für sich in windiger Gegend vor, so nehmen sonst anders geformte Pflanzen Kugelbuschform oder besser gesagt Dünenform an, so z. B. *Pistacia lentiscus* an der Riviera. Die Wirkung kann so stark sein, daß gewisse Pflanzenarten überhaupt nicht mehr wachsen können, diese sind dann von den windreichsten Gegenden ausgeschlossen. Besonders auffällig tritt dies natürlich bei Bäumen in Erscheinung. Wir erhalten somit eine Baumgrenze, die durch den Wind bedingt ist. Besonders an windreichen Meeresküsten tritt dies ein.

Neben diesem direkten mechanischen Wirken des Windes kommt für die Vegetation aber noch besonders die indirekte Wirkung in Betracht. Hierher gehört in erster Linie das Wegführen von Feuchtigkeit, also die austrocknende Wirkung. Wo der trockene Wind eine stetige Erscheinung ist, werden wir die Pflanzen xeromorph angepaßt finden, wo der trockene Wind plötzlich und ausnahmsweise erscheint, erzeugt er rasche Transpiration, die durch Absorption nicht mehr gedeckt werden kann, es tritt Welken und Trockentod ein.

---

[1]) Schöne Beispiele in: Josias Braun, Die Vegetationsverhältnisse der Schneestufe in den Rätisch-Lepontischen Alpen. Neue Denkschriften der Schweiz. Naturforsch. Ges., Band XLVIII, Basel, Genf und Lyon 1913. — J. Früh, Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt. Jahresbericht der Geograph.-Ethnographischen Gesellschaft Zürich, 1902.

Auch die Temperatur wird beeinflußt durch den Wind. Auf den Talsohlen enger Täler, in Schluchten und aus Geröllhalden heraus streichen kalte Winde und beeinflussen die Vegetation. Umgekehrt beobachtet man an besonnten Halden warme, trockene Luftströmungen.

Aber auch im kleinen wirkt der Wind verschieden stark. Gregor Kraus[1]) hat aufführliche Beobachtungen gemacht, wie der Wind mit jedem Zentimeter über dem Boden wechselt, d. h. zunimmt. Einzelne Büsche können ihre Äste nicht höher treiben als bis zu einer gewissen Stärkegrenze andauernder Winde, daher die abgescherten Formen am Meeresstrand, auf windigen Plateaus. Empfindlicher als den Busch selbst fand Kraus die Stammflechten, z. B. *Evernia*, welche die Äste nur bis zu einer bestimmten Höhe begleiten, von wo an aufwärts ihnen der Standort zu windig wird.

Ein Gegenstand hält den Wind stark auf, sogar ein relativ durchsichtiger Busch vermindert die Windgeschwindigkeit sehr stark. Dieselbe ist hinter einem Busch oder auch im Innern des Busches sehr abge-

Fig. 89. Wildsche Windfahne zur Messung der Windrichtung und der Windstärke

[1]) Gregor Kraus, Anemometrisches vom Krainberg bei Gambach. Verh. d. phys.-med. Ges. zu Würzburg 1904, Bd. 37, S. 163—202.

schwächt bis fast zur Windstille. Eine Pflanze im Windschutz eines Busches hat also ein ganz anderes Windklima.

Wie im kleinen vom Boden aufwärts der Wind zunimmt, so beobachtete Kraus auch im großen im Maintal eine Zunahme vom Tal hangaufwärts. Horizontal zeigte sich oben auf der Plateaufläche der stärkste Wind an der Kante, nach innen nimmt er rasch ab. Diese Beobachtungen findet man immer wieder.

Für die Windmessung bedient man sich der Anemometer und der Stärketafeln.

Wildsche Windfahne (Fig. 39)

Windfahne und Stärketafel nach Wild sind im Gebrauch vieler meteorologischer Stationen mit Ausnahme der größten Stationen.

Auf eine Stahlstange mit Spitze wird eine Stahlröhre gestülpt, deren oberes geschlossenes Ende leicht auf der innern Stahlspitze sich drehen kann. Am unteren Ende der Röhre oder Hülse befindet sich eine Schlaufe, in der einerseits zwei unter 20° gegeneinander geneigte Eisenbleche, anderseits ein Stab, mit dem als Gegengewicht dienenden Bleiknopfe sitzen. Dieser ist der eigentliche Windzeiger. Der Wind bläst stets die Blechflächen weg, so daß der entgegengesetzte Bleiknopf die Richtung anzeigt, wo der Wind herkommt. Darunter an der festen Eisenstange ist ein Orientierungskreuz befestigt, dessen nach Norden gerichteter Stab ein N trägt. Am oberen Ende der Hülse und mit dieser drehbar und daher zum Windzeiger parallel stehend, ist der Stärkemesser angebracht. Er besteht aus einer Blechtafel von 300 mm Länge, 150 mm Breite und 200 g Schwere, mit der Fassung 250 g. An einem seitlichen Gradbogen sind eine Anzahl Stifte angebracht, die dazu dienen, die durch den Stoß des Windes bewirkte Hebung der Blechtafel nach dem Winkel der Hebung zu messen.

Eine allgemein gültige Skala der Windstärken besteht auf dem Lande zwar nicht, wohl aber ist sie auf der See durchgeführt. Es ist dies die 12teilige Beaufortsche Skala. Bei uns benutzt man die 6teilige Skala, deren Teile je zwei Beaufortstufen ausmachen.

Ältere Windfahnen haben teils 4-, teils 8teilige Skalen. Die 6 Skalateile entsprechen:

0 = vollkommene Windstille, Rauch steigt gerade empor . . . . 0—0,5 Sek.-m

1 = leichter, für das Gefühl eben bemerkbarer Wind, bewegt leichte Blätter . . . . . 0,5—5,0 „

2	=	mäßiger Wind, bewegt kleinere Baumzweige	5—10 Sek.-m
3	=	frischer, ziemlich starker Wind, bewegt kleinere Baumäste, wird an Häusern hörbar	10—15 „
4	=	starker Wind, bewegt große Äste und kleinere Stämme, hemmt das Gehen im Freien . .	15—20 „
5	=	stürmischer Wind, rüttelt die ganzen Bäume, bricht Äste und mäßige Stämme	20—30 „
6	=	Orkan, deckt Häuser ab, wirft festgemauerte Schornsteine um und entwurzelt große Bäume	über 30 „

Wenn wir die neue mit den alten Tafeln vergleichen und mit der Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde, erhalten wir:

Meter pro Sek. . .	0—0,5	0,5—5	5—10	10—15	15—20	20—30	über 30
6teilige Skala . .	0	1	2	3	4	5	6
4stiftiges Modell .	—	1	2	3	4		
8stiftiges Modell .	1	2—3	4—5	6—7	8		

Stufe 5 und 6 sind bei den alten Modellen nicht enthalten.

Schalenkreuz nach Robinson

Für genauere Stärkemessungen benutzt man bei den meteorologischen Stationen erster Klasse das Schalenkreuz nach Robinson.

Vier halbkugelförmige Schalen sind an einem horizontalen Kreuz von gleich langen Armen so befestigt, daß ihre Öffnungen vertikal stehen und im Kreise herum gleichgerichtet sind. Die Kreuzarme sind an einer senkrechten Stange festgemacht, die sich mit möglichst geringer Reibung dreht.

Da die Schalen nach allen Richtungen stehen, werden sie gleichmäßig jede Windstärke, aus welcher Richtung sie kommen mag, anzeigen. Der Sinn der Umdrehung ist immer derselbe. Der Wind bläst in die Schalen hinein, diese drehen sich und zwar ist die Geschwindigkeit der Drehung proportional zur Windstärke. Aus der Zahl der Umdrehungen in der Zeiteinheit ist also die Windstärke zu entnehmen.

Die sich drehende Stange ist an ihrem unteren Ende als Schraube ohne Ende ausgebildet, die auf ein Zählwerk eingreift. Dieses Zählwerk gibt die Zahl der Umdrehungen an, aus der die Sekundenmeter-Windgeschwindigkeit berechnet wird. Das Zählwerk kann aber auch so gebaut werden, daß man direkt die durchlaufenen Meter ablesen kann.

Bei den meteorologischen Stationen befindet sich das Schalenkreuz auf dem Dach, die drehende Stange führt durch das Dach ins Zimmer, wo das Zählwerk steht, das durch Übertragung auf

eine durch Uhrwerk gedrehte Trommel die Windgeschwindigkeit direkt aufträgt auf den Trommelstreifen, der die Tages- und Zeiteinteilung enthält.

Einen ähnlichen Apparat, der sich für Arbeiten im Feld eignet, hat Gr. Kraus angewendet. Er wurde erstellt durch die Werkstätten R. Fueß in Berlin-Steglitz (Fig. 40). Der Apparat ist handlich zum Mittragen: seine Höhe beträgt nur 15 cm und die Breite beim Schalenkreuz wie bei der Zeigeruhr nur etwa 6 cm. Die Schalen sind durch Eisenspangen geschützt.

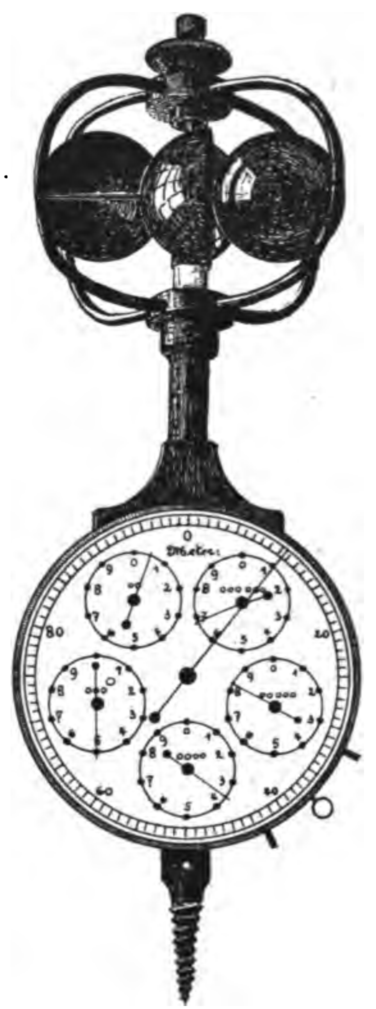


Fig. 40. Schalenkreuz-Anemometer

Es bestehen analog wie bei unsern Gasuhren usw. die verschiedenen Zeiger für Einer, für Hunderter, für Tausender, für Zehntausender, für Hunderttausender und für Millionen Meter. Hat man den Apparat am gewollten Standort, so läßt man ihn laufen und beobachtet dann ein bestimmtes Zeitintervall. Am geeignetsten werden sich wohl 100 Sekunden erweisen. Das heißt, man liest die durch die Uhr angegebene Meterzahl ab und genau 100 Sekunden später liest man wieder ab. Man beginnt die Messung z. B. in dem Moment, wo die Zeiger 8000 zeigen. Nach 100 Sekunden stehen die Zeiger 8484, also hat der Wind in den 100 Sekunden 484 m durchlaufen, wir haben eine Windstärke von 4,84 Sek.-m.

Man mache natürlich wie bei all solchen Ablesungen stets mehrere Wiederholungen.

Will man unabhängiger sein von den momentanen kleinen Windschwankungen, so hat man natürlich nur die Beobachtungsdauer zu verlängern.

Stellt man z. B. den Apparat fest auf und liest ihn erst nach einem Intervall von einer Stunde ab, so erhält man den durchschnittlichen Wind der ganzen Stunde.

Z. B.: erste Ablesung 8000 m
zweite „ 14420 m

In einer Stunde 6420 m, also in der Sekunde 6420 : 3600 = 1,78 Sek.-m. Neben der Windmessung auf Exkursionen kann der Apparat auch für ständige Messungen an Pflanzenstandorten verwendet werden, indem man ihn dort auf ein Brett einschraubt und jeweilen zu den gewohnten Ablesezeiten die durchlaufenen Windsummen notiert.

115. Zusammenfassung der klimatischen Faktoren im Klimacharakter

In den Pflanzengesellschaften gelangt nicht der einzelne Faktor, sondern die Gesamtheit zur Wirkung, die als solche schwer zu fassen und zu beschreiben ist. Das Gesamtklima wirkt in zwei Hauptrichtungen auf die Vegetation.

Einerseits ist die Lage des Ortes nach dem Breitengrade maßgebend, anderseits nach der Verteilung großer Land- und Wassermassen. Die erste Richtung ist allgemein bekannt; nach ihr wird die Erde in die Hauptzonen geteilt, die tropische, subtropische, gemäßigte und kalte. Vom Äquator zum Pol nimmt die allgemeine Temperatur ab, anderseits der Wechsel der Jahreszeiten zu.

Die andere, ebenso wichtige Hauptrichtung ist die Abhängigkeit des Klimas von großen Land- und Wasserflächen. Es gibt dies dem Klima den Charakter. Dieser Klimacharakter gruppiert sich um zwei Typen: das ozeanische und das kontinentale Klima, so benannt, da das eine an den Meeresküsten, das andere im Innern der Kontinente waltet. Der bedeutende Einfluß dieses Klimacharakters besonders auf die Baumgrenze ist ausführlich dargelegt in dem Buche von Brockmann-Jerosch „Baumgrenze und Klimacharakter", Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 6 (hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Zürich 1919).

Das extrem ozeanische Klima ist durch Gleichmäßigkeit in Wärme und Feuchtigkeit und zwar zugleich durch starke Feuchtigkeit ausgezeichnet. Dies tritt in Küstengegenden ein, wo die

feuchten Seewinde herrschen; die Nähe des Wassers gleicht die Temperaturen aus. Dazu und im selben Sinn wirkend kommen größere Nebel- und Wolkenbildung, häufige Niederschläge. Das kontinentale Klima dagegen zeigt große Temperaturschwankungen im Laufe des Tages wie des Jahres, Trockenheit der Luft, weniger Bewölkung, daher stärkere Insolation, weniger Niederschläge im Verhältnis zur möglichen Transpiration. Geht man vom Ozean landeinwärts, so kommt man aus dem ozeanischen ins mittlere und weiter ins kontinentale Klima. Gebirge bringen Störung in diesen Übergang, da die Winde an diesen anprallen, ihre Feuchtigkeit abgeben usw., kurz auf der Luvseite der Gebirge wird das Klima beim Ansteigen bis zu einer gewissen Höhe ozeanischer, die Temperaturen gleichen sich aus, die Wolkenbildung nimmt zu mit der Luftfeuchtigkeit und der Niederschlagsmenge. Im Gegensatz dazu ist die Leeseite eines Gebirges kontinentaler. Da im großen und ganzen die Klimafaktoren eines Ortes im gleichen Sinne wirken — ein Land mit geringen Niederschlägen wird meist klareren Himmel aufweisen, infolgedessen auch größere Ein- und Ausstrahlung haben — kann als Haupteinteilung ein ozeanisches, ein mittleres und ein kontinentales Klima genommen werden. Im Einzelfall jedoch treten mancherlei Modifikationen ein, verschiedene Wirkung in verschiedenen Jahreszeiten, verschiedener Gang einzelner Faktoren.

Auf die Untersuchung dieser Modifikationen ist ein besonderes Augenmerk zu richten. Die Gesamtwirkung auf die Vegetation wird sich dann dem im allgemeinen ungünstigeren Teil anpassen, da ja die Vegetation diesen ertragen muß. Z. B. hat das Mittelmeergebiet neben einem milden ozeanischen Winter einen heißen, trockenen, kontinentalen Sommer, den die Vegetation auszuhalten hat und der ihr ein kontinentales Gepräge gibt. Auf den kanarischen Inseln kommt das ozeanische Klima in der Wolkenstufe zu schöner Ausbildung, in der basalen Stufe erzeugt die extreme Trockenheit trotz gleichmäßiger Temperaturen einen kontinentalen Vegetationscharakter. Im Tessin trifft es z. B. nicht zu, daß der klare Himmel, der viele Sonnenschein, den wir dort genießen, mit geringen Niederschlägen zusammentrifft; im Gegenteil herrscht eine sehr bedeutende Niederschlagsmenge, die aber in großen Massen und rasch fällt. Diese eigenartige Klimamodifikation kennt man daher unter dem Namen des insubrischen Klimas.

Schwierigkeiten, auf die ein besonderes Augenmerk zu richten ist, ergeben sich beim Studium der Pflanzengesellschaften des ozeanischen Klimas.

Im ozeanischen Klima kann sehr vieles beieinander wachsen, was sonst getrennt vorkommt. Die im kontinentalen Klima schön ausgesprochenen Vegetationslinien werden verwischt, Elemente verschiedener Pflanzengesellschaften können zusammen vorkommen, da dieser Bestandteil aus dem einen, jener aus einem andern Grund nicht verhindert ist zu gedeihen. Dies erschwert natürlich ungemein die Einteilung der Pflanzengesellschaften. Sie ist oft nicht direkt durchführbar, nur durch Vergleich mit ähnlichen anderen Gegenden, in denen die Komponenten getrennt vorkommen (vergl. die Analyse des Killarney-Waldes, die Zusammensetzung des *Quercetum sessiliflorae laurineum* aus Elementen der *Deciduisilvae, Laurisilvae, Laurifruticeta* und *Ericifruticeta* in Rübel, E., The Killarney Woods; The Intern. Phytogeogr. Excurs. in the British Isles V. in New Phytologist, 1912).

Hat man ein ozeanisches Gebiet vor sich, so beobachte man also, ob sein Klima sich nicht in Komponenten zerlegen lasse, deren Studium sich an anderen Gegenden untersuchen läßt. Es ist dies dieselbe Methode, die man in andern Wissenschaften auch anwendet und besonders beim Experiment, um durch Gleichhalten der Mehrzahl der Bedingungen die Wirkung einer einzelnen, wechselnden herauszubringen. Das Experiment kann man also auch machen, indem man diese Varianten nicht selber künstlich erzeugt, wie man es bei einzelnen Pflanzen tut, aber bei großen Pflanzengesellschaften nicht kann, sondern die Varianten auf unserer so abwechslungsreichen Erde aufsucht. Es läuft darauf hinaus, die vergleichende Methode immer mehr auf die Pflanzensoziologie anzuwenden.

Wir haben gesehen, daß das extrem ozeanische Klima sich durch Gleichmäßigkeit in Wärme und Feuchtigkeit und durch große Feuchtigkeit auszeichnet. Diesen Bedingungen entspricht in extremer Weise der Standort der Wasservegetation. Die große Feuchtigkeit ist vorhanden und zwar gleichmäßig dauernd, bleibt also noch der andere Teil der Forderung, der nach gleichmäßiger Wärme. Nun wirkt das Wasser durch seine hohe spezifische Wärme ja immer ausgleichend. Der Standort im Wasser wird also innerhalb großer Erdstriche mit größeren Luftwärmedifferenzen immer eine größere oder geringere Gleichmäßigkeit der Wärme aufweisen. Dies gilt natürlich in erster Linie für größere tiefere

Gewässer. Der Wasserstandort repräsentiert also ein hyperozeanisches Lokalklima. Dieses Lokalklima kann in verschiedenen Generalklimaten vorkommen. Das erklärt die Konvergenz der Wasservegetationen verschiedener Länder. Die Wasserpflanzen sind bekanntlich kosmopolitisch, aber nicht nur die einzelne Wasserpflanze, sondern auch die Pflanzengesellschaft. Ich erinnere z. B. an das *Phragmitetum*, das man in ungezählten Ländern verschiedener Erdstriche antrifft; an die Gesellschaft des *Juncus acutus*, der, wie in Europa, auch die Gesellschaft in den Tümpeln der Oasenquellen in der Sahara bildet. Noch kosmopolitischer als diese emersen Sümpfe sind naturgemäß die submersen Wasserwiesen, die in allen Ozeanen und Seen ein sehr ähnliches Gepräge haben.

12. Edaphische Faktoren

Die Bodenfaktoren bilden einen großen, noch nicht ganz entwirrten Komplex. Man kennt eine Unzahl verschiedener Böden je nach den verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften. Die einen Autoren haben den Einfluß auf die Vegetation mehr den chemischen Eigenschaften zugeschrieben, andere mehr den physikalischen[1]).

Wie weit jede Eigenschaft in Betracht kommt, ist noch nicht zu ermitteln; Tatsache ist wohl, daß beide Kategorien von Einfluß sind, wohl bald mehr die eine, bald mehr die andere. Erschwerend bei der Erkenntnis wirkt noch mit, daß einerseits die chemischen und physikalischen Eigenschaften sich teilweise ersetzen können, was in einem späteren Kapitel noch zur Behandlung kommt, anderseits, daß gewisse chemische oft sehr konstant an gewisse physikalische gebunden sind und man daher nicht trennen kann, was diesem, was jenem zuzuschreiben wäre. Z. B. ist Kalkstein fast immer sehr durchlässig, der Boden ist trocken und daher warm. So wirkt in einem bestimmten Fall der chemische Einfluß des

---

[1]) J. Amann, Contribution à l'étude de l'édaphisme physico-chimique. Bulletin de la Soc. Vaudoise des Sciences Nat. Vol. 52, Lausanne, S. 363—381, 1919. — G. Gola, Studi sui rapporti tra la distribuzione delle piante e la constituzione fisico-chimica del suolo. Annali di Botanica, Vol. 31, Roma 1905. — Jules Thurmann, Essai de phytostatique appliqué à la chaine du Jura. 2 Bde., Bern 1849. — F. Unger, Über den Einfluß des Bodens auf die Verteilung der Gewächse, nachgewiesen in der Vegetation des nordöstlichen Tirols. Wien 1836.

Kalziums und der physikalische der Lockerheit und Trockenheit untrennbar zusammen.

Wir kommen aber noch an eine andere Grenze zwischen chemischen und physikalischen Eigenschaften. Die Korngröße des Bodens: ob Fels, ob Kiesel, ob Feinerde, ist zuerst eine ganz physikalische Eigenschaft, soweit sie sich mit groben Korngrößen beschäftigt; gehen wir in der Größe des Zerteilungsgrades aber sukzessive abwärts vom Feinsand zum Rohton, zu den Mikronen und Ultramikronen, so befinden wir uns mitten in der Kolloidchemie, allgemeiner in der Dispersoidchemie, und nennen es eben Chemie und nicht mehr Physik.

Außerordentlich kompliziert wird die Sache noch dadurch, daß an derselben Lokalität in verschiedenen Schichten übereinander ganz verschiedene Böden vorkommen; daß also auch Pflanzen derselben Lokalität ihre Wurzeln in Böden verschiedenster Zusammensetzung ausbreiten können. Z. B. können tiefergreifende Wurzeln sich im Grundwasser befinden, das ihnen eine großzügige Wasserbilanz gestattet, also Baumwuchs ermöglicht, während flachere Wurzeln in der trockenen Oberschicht nur extreme Xerophyten versorgen können; daher wachsen Bäume in den Wadi, den oberflächlich trockenen Wasserrinnen in der Sahara, neben extremen Wüstenpflanzen.

Unter den physikalischen Eigenschaften sind auch solche zu studieren, die zwischen klimatischen und edaphischen stehen, solche des lokalen Bodenklimas, wie die Bodentemperatur, die Feuchtigkeit der Bodenluft, d. h. also der Luft, die im Boden drin in den ungezählten kleinen Hohlräumen zwischen den Bodenpartikeln schwebt und die für die Verdunstung der unterirdischen Pflanzenorgane maßgebend ist usw.

Wenn wir den Boden untersuchen wollen, müssen wir uns über vieles Rechenschaft geben: z. B. über die Verhältnisse des Zerteilungsgrades des Bodens, der Verwitterung, die sehr verschieden verlaufen kann und uns Untersuchungen aufgibt; dazu gehören, um den verschiedenen Resultaten dieser Verwitterung nachzugehen: Ortsteinuntersuchung, Humusuntersuchung usw., Einfluß des Grundgesteins.

Im Boden muß die Bodentemperatur bestimmt werden, ferner die Bodenfeuchtigkeit, d. h. der Wassergehalt des Bodens und auch der Bodenluft. Wir haben aber nicht nur den Wassergehalt schlechtweg, sondern einen Gehalt an Wasser, der für die Pflanze

benutzbar ist, einen Gehalt an Wasser, der für die Pflanze nicht benutzbar ist. Dies hängt davon ab, wie das Wasser gebunden ist, hängt von anderen vorhandenen Stoffen ab, wie Salzgehalt im allgemeinen, Kochsalzgehalt im besonderen, Kalkgehalt usw. usw.

Zerteilungsgrad

Wir müssen uns mit der ganzen Reihe der Zerteilungen vom kompakten gewachsenen Fels bis zu den kleinsten Teilchen, den Molekülen und Ionen befassen. Erst seit relativ kurzer Zeit ist es möglich, eine fortlaufende Reihe von Zerteilungsgraden vom gewachsenen Fels bis zum Ion aufzustellen. Dies verdanken wir den ungeheuren Fortschritten auf dem Gebiet der Kolloidchemie. Der Kolloidchemie ist es gelungen, schwierige Bodenprobleme auf einige wenige Grundsätze und einheitliche Gesichtspunkte zurückzuführen. Der Ausdruck „kolloid" ist aber dafür schon zu eng geworden. Dieser Ausdruck wendet sich nur auf Körper von einer ganz bestimmten Zerteilungsgröße an, eine mittlere Zerteilungsgröße, die man früher am wenigsten, indem feinere Zerteilungen in der Chemie schon gut bekannt waren, gröbere Zerteilungen in der Gesteinskunde. Die Kenntnis der Kolloide ermöglicht nun die Vervollständigung der Reihe. Die Materie eines Zerteilungsgrades wird mit dem Ausdruck „System" belegt, also z. B. ein Körper von einer Zerteilungsgröße der Kolloide ein „kolloides System".

Zerteilt heißt „dispers". Wenn man sich nun nicht auf den speziellen Zerteilungsgrad der Kolloide beschränkt, sondern auch gröbere und feinere „Systeme" ins Auge faßt, so spricht man nicht nur von Kolloiden, sondern allgemeiner von „Dispersoiden" und danach von einer „Dispersoidchemie".

Diese Dispersoidchemie befaßt sich mit dem Studium des gesetzmäßigen Zusammenhanges vom Zerteilungsgrad eines Systems mit seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Für unsere Untersuchungen edaphischer Faktoren ist diese neue Dispersoidchemie sehr wichtig. Eine prächtige Zusammenfassung finden wir in dem Büchlein von Georg Wiegner, Professor für Agrikulturchemie an der E. T. H. in Zürich: „Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung." Leipzig 1918; eine Schrift von 98 Seiten, die aus einem Vortrage hervorgegangen ist, den der Verfasser in der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich

im Winter 1916/17 hielt. In vielen Anmerkungen ist dort die weitere Literatur zu finden.

Die Kolloidchemie ist also ein Teil der Dispersoidchemie.

Die Zerteilung, das disperse System, kann fest oder flüssig oder gasförmig sein, wie wir ja feste Lösungen, flüssige Lösungen usw. kennen. Das Lösungsmittel heißt in diesem Falle „Dispersionsmittel" und die gelöste Substanz heißt die „dispersoide Phase". Es ist also mit Wiegner (a. a. O. S. 7) zu sagen:

„Die ganze Materie kommt in Zuständen verschieden starker Zerteilung, verschiedener „Dispersität" vor. Ist die Zerteilung eines Stoffes in irgend einem Medium, also die Zerteilung der dispersen Phase in einem Dispersionsmittel, sehr fein und weitgehend, ist sie maximaldispers bis zu den Molekülen resp. Ionen, so haben wir echte Lösungen, ist sie etwas gröber, so bekommen wir die kolloide Zerteilung, wird sie noch gröber, so enden wir bei den sogenannten Emulsionen oder Suspensionen" (Emulsion, wenn Flüssigkeit in Flüssigkeit aufgeschwemmt ist, also z. B. Öl in Wasser fein gemischt; Suspension, wenn feste Teilchen in Flüssigkeit schweben, also z. B. Gletscherwasser, Schlammwasser).

Der ganze Boden, den wir zu betrachten haben, ist eine feste Dispersion. Er gehorcht den Dispersitätsgesetzen, die von der Kolloidchemie, überhaupt der Dispersitätschemie, bisher erkannt worden sind. Es läßt dies eine Zusammenfassung vieler Tatsachen zu, die früher unverbunden nebeneinander standen.

Den Agrikulturchemikern und Landwirten war die Wichtigkeit des Dispersitäts- oder Zerteilungsgrades schon lange bekannt. Neu hingegen ist die Erkenntnis, daß man die Gesetze, die man bei Lösungen, den maximaldispersen Systemen, sowie bei den kolloiddispersen Systemen gefunden hat, sich bei den grobdispersen Systemen wieder finden lassen. Eine ganze Anzahl von land- und forstwirtschaftlichen Kulturmaßnahmen erstehen dabei in einem neuen Licht, so die Kalkdüngung, die Düngung überhaupt, die Beackerung.

Betrachten wir nun zunächst das System der Korngrößen, den Zerteilungsgrad. Eine gute, in der Geobotanik vielbenutzte Einteilung ist die, welche Schröter 1908 im Pflanzenleben der Alpen, S. 511 aufgestellt hat. Er unterscheidet:

Blöcke . . . . über 25 cm Durchmesser
Grobschutt
oder wenn gerundet Grobkies genannt 25 bis 2 cm „

Feinschutt

wenn gerundet Feinkies	2 cm bis 2 mm Durchmesser
„ eckig Grus	2 „ „ 2 „ „

Feinerde

Sand	2 bis 0,2 „ „
Ton	unter 0,2 „ „

Fast dieselben Bezeichnungen der Korngrößen wurden später 1913 international festgelegt, indem sie in der Sitzung der „Internationalen Kommission für die mechanische und physikalische Bodenuntersuchung" zu Berlin am 31. 10. 1913 von Dr. Albert Atterberg (Schweden) vorgeschlagen und von der Kommission angenommen wurden (Int. Mitt. f. Bodenkunde 4, 30, 1914).

Diese international angenommene Nomenklatur ist folgende (nach Original):

Körner größer als 20 mm	: Stein und Geröll
„ von 20 bis 2 mm	: Kies
„ „ 2 bis 0,2 mm	: Grobsand
„ „ 0,2 mm (= 200 μ) bis 20 μ	: Feinsand
„ „ 20 bis 2 μ	: Schluff oder Staub
„ feiner als 2 μ	: Kolloidton oder Rohton

In die feineren Größen führt uns sodann die Kolloidchemie. Wir können die Einteilung gerade anschließen (Wiegner a. a. O. S. 9).

Die Kolloidchemie unterscheidet:

Teilchen über 0,1 μ (= 100 $\mu\mu$) Durchmesser:

Grobdisperse Systeme oder Dispersionen, die Teilchen heißen Mikronen.

„ von 100 bis 1 $\mu\mu$ Durchmesser:

Kolloiddisperse Systeme oder Dispersoide, und zwar

a) Emulsoide (flüssige disperse Phase im flüssigen Dispersionsmittel),

b) Suspensoide (feste disperse Phase im flüssigen Dispersionsmittel),

die Teilchen heißen Ultramikronen.

„ unter 1 $\mu\mu$ Durchmesser:

Maximaldisperse Systeme oder echte Lösungen, die Teilchen heißen Moleküle und Ionen.

Im Felde kommen natürlich meist Gemische der verschiedenen Zerteilungsarten vor. Zum besseren Verständnis müssen wir uns mit den einzelnen Zerteilungsgraden beschäftigen und werden wir

auf einen Apparat zu sprechen kommen, mit dem wir den Anteil eines Bodens an den einzelnen Zerteilungsgraden ermitteln können. Zuerst sei noch einiges über die Eigenschaften der Teile gesagt, auf die der Geobotaniker zu achten hat.

Atterberg (Int. Mitt. f. Bodenkunde 4, 3, 1914, dort weitere Literatur) hat festgestellt, daß der Anteil an Rohton, also Körnern unter 2 μ Durchmesser den Bakterien die Bewegung unmöglich macht. Die Bodenbearbeitung ist schwer, die kapillare Wasserbewegung sehr langsam; Nährstoffe sind meist reichlich. Wiegner S. 15: „Der Schluff oder Staub mit Korndurchmessern von 2—20 μ liefert bei kompakter Lagerung, also wohl in Einzelkornstruktur, noch zu enge Kapillaren, um den Wurzelhaaren der Gramineen Durchtritt zu gestatten. Die kapillare Wasserbewegung ist dagegen gut. Die mechanische Bearbeitung geschieht leichter, der Boden wird gegenüber dem tonreichen Boden wärmer. Der Boden wird mehr und mehr zum Ackerboden (Hauptbestandteil zahlreicher Lehmböden). Der Feinsand mit Teilchendurchmessern von 20 bis 200 μ ist durch gut wasserhaltende Kapillaren ausgezeichnet, die außerdem eine gute Wasserführung, d. h. zweckmäßig rasche Zu- bezw. Abfuhr von Wasser vermitteln. Die mechanische Bearbeitung geschieht mit Leichtigkeit; Luft- und Wärmezutritt erfolgen ungehindert; dieser Bodenanteil bedingt lockere Struktur, die Böden werden leichter, trockener, lockerer. Der chemische Nährstoffgehalt kann allerdings beim Überwiegen dieses Bestandteils ungünstiger werden, da diese Korngrößen meist nur dem physikalischen Zerfall, nicht der chemischen Zersetzung unterlagen. Der Grobsand mit Korngrößen von 200 μ bis 2 mm hat zu grobe Kapillaren, um das Wasser zu halten. Ein überwiegendes Hervortreten dieses Bestandteiles bedingt trockene Böden, die oft der Waldkultur überlassen werden. Die Festigkeit des Bodens kann so gering werden, wie beim Heide- und Dünensand, daß man nach Verfestigungsmitteln suchen muß." Diese Eigenschaften faßt Wiegner in folgendes Schema zusammen (s. S. 105).

Die Kalkböden verwittern schwer, man nennt sie nach Thurmann dysgeogen; sie haben die Tendenz grob zu bleiben.

Der chemisch wirksame Kalkgehalt tritt also in der Regel gemeinsam auf mit der physikalisch wirkenden Grobheit des Gesteins, die zu Wärme und Trockenheit hinneigt. Es läßt sich daher nicht leicht bestimmen, was bei der Vegetation dieser Gesteine auf die Physik und was auf die Chemie zurückzuführen ist.

Einige Bodeneigenschaften, abhängig von der Dispersität (schematisiert bei Gleichheit aller anderen Faktoren)

Abnehmende Dispersität →

Relativ hohe Dispersität (Rohton)	Relativ mittlere Dispersität (Schluff und Feinsand)	Relativ geringe Dispersität (Feinsand und Grobsand)
Hohe Wasserkapazität, schlechte Wasserführung	→ ←	Geringe Wasserkapazität, gute Wasserführung
Hohe Kohäsion	→ ←	Geringe Kohäsion
Hoher Nährstoffgehalt	→ ←	Geringer Nährstoffgehalt
Gute chemische, schlechte physikalische Eigenschaften	→ ←	Schlechte chemische, gute physikalische Eigenschaften
Kalter untätiger, schwer bearbeitbarer, nährstoffreicher Boden mit geringer Auswaschung	→ ←	Warmer, tätiger, leicht bearbeitbarer, lockerer nährstoffarmer Boden mit hoher Auswaschung
Absolute Wiesen- und Weideböden mit höheren Ansprüchen an die chemischen, geringeren an die physikalischen Bodeneigenschaften	Ackerböden mit nach beiden Seiten hin durch Kulturmaßnahmen leicht beeinflußbaren chemischen und physikalischen Eigenschaften	Absolute Waldböden mit höheren Ansprüchen an die physikalischen, geringeren an die chemischen Bodeneigenschaften

→ Zunahme der guten physikalischen Bodeneigenschaften

← Zunahme der guten chemischen Bodeneigenschaften

Die schwer verwitterbaren Gesteine liefern demgemäß nur langsam und in geringen Konzentrationen gewisse Nährstoffe. Das wenige Aufgeschlossene wird jeweilen verbraucht oder weggeführt.

Feste, fein disperse Tonböden entstehen aus leicht verwitterbaren eugeogenen Gesteinen. Bei dem raschen Zerfall stehen auf einmal größere Mengen Nährstoffe in größerer Konzentration zur Verfügung. Die Dichtigkeit hält das Wasser stark zurück, es wirkt also kühlfeucht. Dies sind nun öfters kalkarme Böden, die diese chemische Eigenschaft mit der physikalischen der Kühlfeuchte vereinigen.

Ist das Wasser zu kalt, so können es die Pflanzen nicht verwerten, es muß also von dem verwertbaren Wasser abgezogen

werden, man nennt den Boden, der hauptsächlich unverwertbares Wasser enthält, physiologisch trocken.

Unverwertbar wird das Wasser auch durch Kochsalzgehalt. Das Natriumchlorid vermag das Wasser so festzuhalten, daß der Boden physiologisch trocken erscheint.

Schutzkolloide

Dieselbe Wirkung hat eine bestimmte Sorte von Kolloiden. Sie vermögen aber nicht nur Wasser von seiner Wirkung abzuhalten, sondern eine ganze Menge anderer Körper.

Diese Kolloide können die Austrocknung des Bodens verhindern; sie verhindern aber auch die Auswaschung des Bodens von sonst leichtlöslichen Bestandteilen; sie erhalten also dem Boden gewisse Bestandteile; sie üben „Schutzwirkungen" aus. Man nennt sie Schutzkolloide.

Zsigmondi fand Schutzwirkung auf folgende Weise. Fügt man $CaCl_2$ zu einer Goldlösung, so gibt es blaue Flocken als Niederschlag. Fügt man aber Gelatine dazu und dann $CaCl_2$, so erfolgt nichts.

Au + $CaCl_2$ . . . . Flockung
Au + Gelatine + $CaCl_2$ . . . . nichts
Au + Humus + $CaCl_2$ . . . . . nichts

Das Kolloid Gelatine schützt also das Gold vor dem Ausfallen. Statt Gelatine kann man sog. sauren Humus nehmen, der schützt auch. Nimmt man aber gesättigten, koagulierten Humus, so erfolgt wieder Flockung, nur der ungesättigte „saure" vermag das Gold in Lösung zu erhalten, daß es nicht ausflocken kann.

Ton mit Humus und Soda sind flüssig, sie lassen sich ausgießen und erstarren zum Schluß. Denken wir uns statt des Goldes im vorigen Experiment den Ton, nicht reinen Ton, sondern Eisen- und Aluminiumsilikate, die werden durch Kalk auch koaguliert, ausgeflockt. Ist aber saurer Humus vorhanden, so kann der Kalk den Ton nicht mehr zusammenballen. Wenn saurer Solhumus vorhanden ist, laufen Aluminium, Eisen, Silizium gelöst weg in tiefere Schichten, wo die Wirkungen des ungesättigten Humus nicht mehr stattfinden. Dort ballen sie sich dann zu harter Kruste zusammen, wir haben die bekannte Ansammlung als Ortstein, der für Wurzeln undurchdringlich ist und eine betonartige Schicht bildet. Für Ortsteinvorkommen erinnere ich an die großen nordwesteuropäischen Heiden.

Der saure Humus enthält also Kolloide in feinzerteiltem, sog. Solzustand, er ist absorptiv ungesättigt, ± elektrolytarm. Dieser Zustand ist hochdispers und hält auch die mineralische Dispersion des Bodens in relativ hoher Dispersität. Der milde Humus, Ackerhumus dagegen ist absorptiv gesättigt, er ist koaguliert, gröber dispers und wirkt auch auf die Bodendispersion dispersitätsverringernd, hat keine Lösungsschutzwirkungen, im Gegenteil wird der Ton koaguliert, zusammengeballt. Die Zusammenballung wird durch Elektrolyte befördert, besonders durch die stark wirksamen mehrwertigen Ionen. Das zweiwertige Ca-Ion hat sehr stark diese zusammenballende Eigenschaft. Daher wird der Solzustand des sauern Humus durch Kalkzusatz übergeführt in den Gelzustand des milden Humus, welcher der Auslaugung widersteht.

Die Wertigkeit der Ionen hat einen sehr großen Einfluß, es hat sich herausgestellt, daß die fällende Wirkung eines einwertigen Ions zur fällenden Wirkung eines zweiwertigen Ions zu der eines dreiwertigen sich verhält rund wie 350 : 20 : 1. Braucht man für eine bestimmte Dispersitätsvergröberung eine Lösung von bestimmter Konzentration des dreiwertigen Al-Ions, so braucht man für dieselbe Vergröberung eine 20mal konzentriertere Lösung des zweiwertigen Ca-Ions, oder eine 350mal konzentriertere Lösung des einwertigen K-Ions. Also mit anderen Worten: dieselbe Wirkung, die eine molekulare Lösung von KCl erreicht, wird durch eine $\frac{\text{mol}}{17{,}5}$ -Lösung von $CaCl_2$ verursacht. Schon eine Konzentration von 0,064 g $CaCl_2$ pro Liter ballt im Lößboden den Ton zu Schluff zusammen und 0,64 g $CaCl_2$ pro Liter ballt den Schluff zu Feinsand. Damit hat das $CaCl_2$ oder überhaupt Kalkverbindungen in dieser geringen Menge also einen wesentlichen Einfluß auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens.

Daneben wirkt der Kalk natürlich auch noch anders, durch Neutralisation eventueller Säuren, durch Beförderung der Tätigkeit der Mikroorganismen usw.

Basenaustausch

Bei gesättigten Kolloiden finden in niederschlagsreichen Gebieten auch Auswaschungen statt, in etwas anderer Weise. Es ist besonders darauf hinzuweisen, daß im Boden unter den Wirkungen der Dispersoide die Löslichkeitsverhältnisse gewisser Salze ganz andere sind als sonst im Laboratorium. Die leichtlöslichen

Kalium- und Ammoniumsalze werden im Boden viel fester gehalten als Na- und Kalksalze. Daher fließt die Na-Lösung mehr ab und das Kochsalz reichert sich im Meerwasser so stark an. Das beruht auf dem sog. Basenaustausch der Austauschzeolithe. Zeolithe sind kristallisierte, wasserhaltige, salzsäurelösliche Silikate. Das Verhältnis des Aluminiumhydroxyds zur Kieselsäure ist schwankend, ebenso der Wassergehalt. Wir können den Zeolith vielleicht darstellen als $x\ Al(OH)_3 \cdot y\ SiO_2 \cdot z\ H_2O$. Auf die eigentümlichen Erscheinungen der Austauschreaktionen von Ionen in Gelen, also der sog. Basentausch in der Ackererde, kann hier nicht eingegangen werden, es sind noch nicht vollständig gelöste Probleme der Bodenkunde. „Die praktische Wirkung (Wiegner S. 42) des sog. „Basenaustausches“ ist die, daß die mit Basen gesättigten gemengten Gele von Aluminiumhydroxyd und Kieselsäure, die einen großen Teil unserer Tone bilden, Ammoniumkation und Kaliumkation fester als Natrium- und Kalziumion halten. Die Ackererde hält also Ammonium und damit Stickstoff und Kalium unlöslich zurück. Natrium und Kalzium fließen in den Lösungen ab.“ Diese Entkalkung bei reichlichem Kaliumdünger ist dem Landwirt längst bekannt. Diese eigentümliche Reaktion, in der Kalium unlöslich und Kalzium löslich wird, hat eine große Tragweite.

In den humiden Gebieten, also den Gebieten, in welchen die Niederschlagsmenge größer ist als die Verdunstungsmenge des Bodens, treten meist sehr verschieden ausgelaugte oder angereicherte Bodenschichten auf. Wir können nicht den Boden schlechtweg untersuchen, sondern wir müssen jede Schicht für sich untersuchen. In den ariden Gebieten, das sind diejenigen, in denen der Boden mehr verdunsten könnte als er als Niederschlag erhält, haben wir nicht Auslaugung, sondern Anreicherung von Nährstoffen, auch ist keine so stark wechselnde Schichtung vorhanden.

Der Geobotaniker kann sich natürlich nicht ausführlich der Bodenkunde[1]) widmen, das ist die Arbeit des Agrikulturchemikers und erfordert ganz spezielles Studium und eine ganze Arbeitskraft. Für uns handelt es sich mehr darum, von den Resultaten

[1]) Ramann, Bodenkunde. 3. Aufl. Berlin 1911. — Russel-Brehm, Boden und Pflanze. Dresden und Leipzig 1914. — Nowacki, Praktische Bodenkunde, Anleitung zur Untersuchung, Klassifikation und Kartierung des Bodens. 5. Aufl. Berlin 1910. — Georg Wiegner, Anleitung zum agrikulturchemischen Praktikum. J. J. Meier; Zürich 1919. — Fritz Seemann, Leitfaden der mineralogischen

Gebrauch zu machen und die für die Vegetation jeweilen am wichtigsten erscheinenden Fragen zu untersuchen.

Wir wollen einige Apparate besprechen zur Bodenprobenentnahme, Dispersitätsbestimmung, Wasserbestimmung, Kalkbestimmung, Kochsalzbestimmung, Wärmemessung.

Bodenprobenentnahme

Zur Bodenprobenentnahme benutzt man ein Geotom, deren es eine große Auswahl gibt. Ein einfaches Instrument[1]), das aber doch einen saubern Bohrkern liefert, besteht aus einem stählernen Rohr von 5 cm Durchmesser und 30 cm Länge, dessen Wandung durch eine 2 cm weite, längsverlaufende Aussparung durchbrochen ist (Fig. 41). Das untere Ende ist zur Erleichterung des Eindringens in den Boden geschärft. An dem, mit durchschiebbarem Holzgriff versehenen Stiel ist eine Marke angebracht, so daß das gleichtiefe Einbohren in den Boden gewährleistet wird. Beim Herausziehen wird ein Bodenkern von entsprechender Länge herausgeschnitten, der durch einen eisernen Stab herausgehoben werden kann.

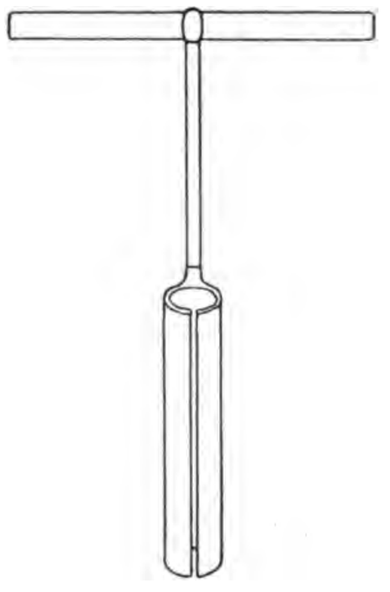


Fig. 41. Einfacher Erdbohrer

Dresdener Erdbohrer[1])

Er besteht aus einem sich nach unten ganz allmählich bis zu einer Spitze verjüngenden Stab aus Flußeisen von 18 mm mittlerem Durchmesser und 97 cm Länge, der eine der nutzbaren Rohrlänge von 80 cm entsprechende halbkreisförmige Bohrung aufweist, in welcher beim Einführen in den Boden ein der Ein-

---

Bodenanalyse nebst Beschreibung der wichtigsten physikalischen Untersuchungsmethoden am gewachsenen Boden. Wien und Leipzig 1914. — Wahnschaffe und Schucht, Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. 3. Aufl. Berlin 1914.

[1]) Hergestellt von der Maschinenzentrale Berlin SW 61.

schlagtiefe entsprechender Bohrkern stehen bleibt (Fig. 42). Da die Bohrung sich nach der Spitze hin zu sehr verflacht, um noch Boden festhalten zu können, so beginnt die von 10 zu 10 cm durch Einkerbungen mit den entsprechenden eingeschlagenen Zahlen bezeichnete Einteilung erst 5 cm oberhalb der unteren Spitze und reicht bis etwa 8 cm unterhalb des Handgriffs, um ein bequemes Herausdrehen zu gestatten. Der Griff ist in dem, an seinem oberen Ende zu einem Ambos verstärkten (25 mm) Stab eingeschweißt, 16 mm stark und ragt etwa 10 cm an beiden Seiten hervor.

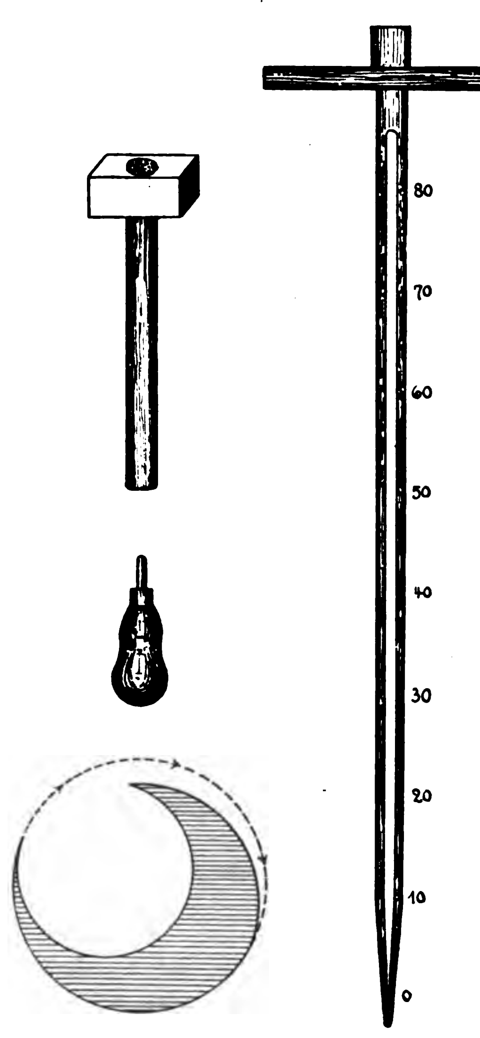


Fig. 42. Dresdener Erdbohrer

Die Ausfräsung der Bohrung muß etwas exzentrisch sein, wie aus dem Querschnitt hervorgeht, damit die scharfe schabende Kante beim Drehen des Stabes, nachdem er mittels eines Kupferhammers bis zur gewünschten Tiefe in den Boden eingetrieben worden ist, den Boden fest in die Aussparung einpreßt. Nach dem Herausziehen streicht man mit dem Rücken des Räumers über den Bohrkern, um etwa mitgerissene anhängende Erdkrümel zu beseitigen, und hat dann den genauen senkrechten Ausstich der Bohrstelle vor Augen. Man kann auf diese Weise etwaige Schwankungen in der Mächtigkeit der Krume genau feststellen und

Krume und Untergrund nach ihrer Färbung usw. ziemlich genau trennen.

Zum Ausstechen der Bohrkerne aus der Bohrung dient der dem Bohrprofil entsprechende stemmeisenartige Räumer. Dieser Erdbohrer liefert etwa 45—50 g lufttrockene Bodensubstanz und

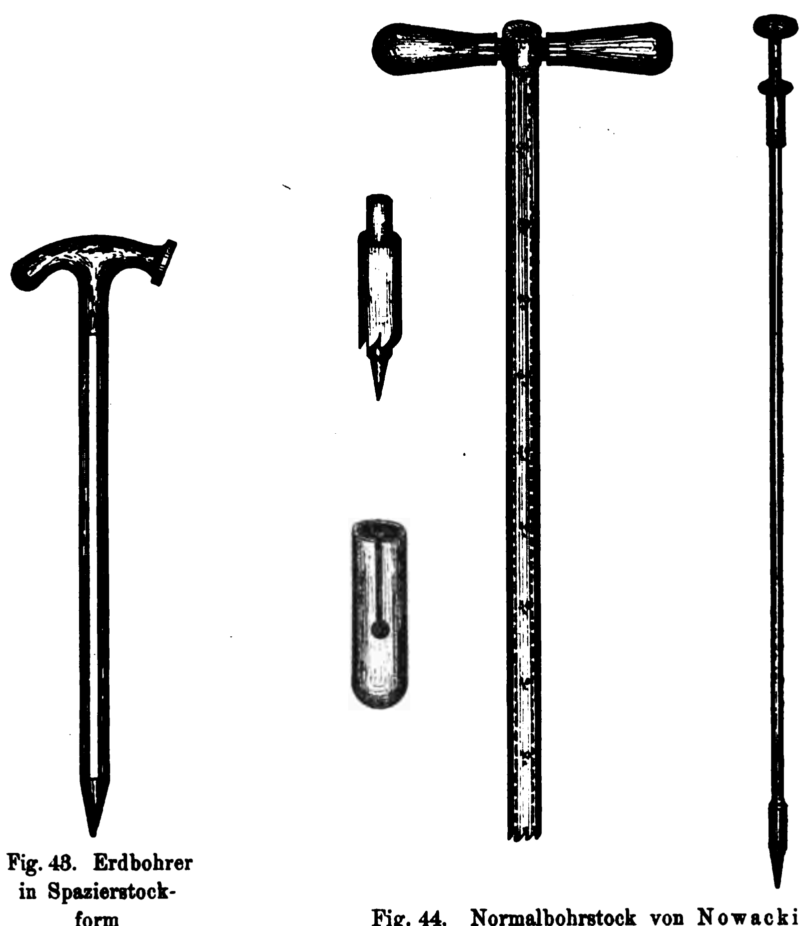


Fig. 43. Erdbohrer in Spazierstockform

Fig. 44. Normalbohrstock von Nowacki

gestattet, auch aus leichterem Boden zusammenhängende Bohrkerne zu erhalten.

Derselbe Bohrer wird auch in Spazierstockform hergestellt (Fig. 43), wobei der abnehmbare Griff als Hammer zum Einschlagen benutzt wird.

Der Normalbohrstock von Nowacki[1])

Mit diesem Stock kann man aus einer bestimmten Tiefe unvermischte Erdproben heraufholen. Das kräftige Stahlrohr hat unten Bohrzähne, oben einen Hartholzgriff und der ganzen Länge nach eine Einteilung in Dezimeter. Ins Innere paßt ein Stöpsel, der unten vermittelst Bolzen die Rohrweite füllt, oben an einem Knopf gezogen werden kann (Fig. 44). Am Stöpsel befindet sich noch ein Schieber, der durch Federdruck haftet, wo man ihn festlegt. Zum Schutz der Zähne und der Spitze dient eine anschiebbare Messingzwinge.

Man bohrt das Ganze ein bis zu der Tiefe, in der man die Probe entnehmen will, zieht dann den Stöpsel 10—12 cm heraus, so daß unten das Bohrloch frei wird und bohrt nun 5—10 cm tiefer, Es füllt sich das Rohr mit Erde; man zieht das Ganze aus dem Boden und stößt mit dem Stöpsel den Erdpfropf zur Untersuchung hervor.

Wiegnersche Methode zur Bestimmung der Bodendispersität[2])

In der Bodenkunde werden natürlich viele Bodenanalysen gemacht, von denen eine neuere sehr praktische Methode angeführt sei. Um die verschiedenen Größen der Bodenbestandteile kennen zu lernen, wird die Schlämmanalyse benutzt. Sie beruht darauf, daß die Schnelligkeit des Falles der Teilchen in einem Dispersionsmittel im Verhältnis zu ihrer Größe steht. Es werden 2 Arten Methoden benutzt: a) die Sedimentmethode, welche die verschiedene Fallgeschwindigkeit der Teilchen direkt zur Trennung benutzt, b) die Spülmethode, welche die Trennung der Teilchen durch die dem Fall entgegengesetzte Bewegung aufwärts strömenden Wassers bewirkt. Nach Wiegner ist die Spülmethode besser zur Bestimmung gröberer Teile, die Sedimentmethode besser zur Bestimmung feinerer Teile (Grenze 50 μ). Für den Zusammenhang zwischen Fallgeschwindigkeit und Teilchengröße hat Stokes eine gut brauchbare Formel aufgestellt.

---

[1]) Zu beziehen bei Alb. Jöge, Werkstätte für Präzisionsmechanik und Optik, Zeltweg 40, Zürich 7.

[2]) G. Wiegner, Über eine neue Methode der Schlämmanalyse. Mitteilung aus dem Agrikulturchem. Laboratorium der eidg. Techn. Hochschule Zürich. Landw.-Versuchsstationen, Bd. 91, Berlin 1918, S. 41—79.

Das Prinzip des Wiegnerschen Apparates besteht darin, daß man aus dem spezifischen Gewicht einer Erdaufschwemmung in Wasser die Masse der Erde berechnen kann. Da man die Fallgeschwindigkeit der Teilchengrößen kennt, kann man wissen, welche Größen nach bestimmter Fallzeit nicht mehr im Fallrohr vorhanden sind. Aus der Differenz der spezifischen Gewichte vom Anfang bis zu dem Punkt, wo die bestimmte Teilchengröße nicht mehr vorhanden ist, ergibt sich die Masse an Erde dieser Teilchengröße. So kann man in einem Versuch die prozentuale Masse jeder beliebigen Teilchengröße bestimmen. Ein großer Vorteil dieses Apparates ist, daß der Versuch mit derselben Bodenprobe beliebig oft wiederholt, also kontrolliert werden kann.

Der Apparat, von Glasbläser Kunz, Universitätsstraße 25, Zürich hergestellt, besteht aus kommunizierenden Röhren und einem Ansatz (Fig. 45).

Ein etwa $3^1/_2$ cm weites, etwa 120—130 cm langes Rohr dient im unteren, etwa 20—30 cm langen Teil als Ansatzrohr zur Aufnahme der Erdprobe, der obere 1 m lange Teil als Fallrohr. An dessen unterem Ende ist eine dünnere Röhre, das Meßrohr, kommunizierend eingesetzt. Bei der Vereinigungsstelle beginnt die Kalibrierung mit 0 und geht in beiden Röhren in cm und mm aufwärts bis 100. Im unteren Teil des Meßrohres ist ein Hahn, durch den die beiden Rohrinhalte voneinander abgeschlossen werden können.

Fig. 45. Wiegners Schlämmapparat

Prinzip der Messung

Eine bestimmte Bodenmenge wird mit Wasser bis zu einer bestimmten Fallhöhe, meist 80 cm vom Einmündungspunkt der Meßröhre gerechnet, in den Fall- und Ansatzraum gebracht, wobei der Hahn D geschlossen ist. Die Meßröhre wird mit destilliertem Wasser gefüllt; zweckmäßig wird von vornherein eine leicht zu berechnende Überschußmenge über 80 cm hinaus zugegeben. Beide Röhren werden durch gut passende Gummistöpsel verschlossen.

Nun wird der Apparat tüchtig geschüttelt und darauf sofort vertikal aufgehängt, der Hahn D geöffnet. Das Wasser in der Meßröhre steht höher als das kommunizierende Wasserbodengemisch in der Fallröhre, dessen spezifisches Gewicht durch die Beimischung des aufgeschwemmten Bodens erhöht ist. In dem Maße, wie die im Fallraum befindlichen Bodenteilchen mit Stokes-Geschwindigkeit nach unten in den Ansatzraum sinken, nähert sich das spezifische Gewicht der Mischung im Fallrohr dem des reinen Wassers in der Meßröhre; stehen beide Menisken schließlich gleich hoch, so ist der Versuch beendet. Zu jeder beliebigen Zeit läßt sich an der Meßröhre das spezifische Gewicht der Bodenmischung bequem ablesen und daraus die noch im Fallrohr vorhandene Bodenmenge nach einfachen Formeln berechnen" (Wiegner, a. a. O. S. 46).

Bei den Versuchen wird die Wasserhöhe im Meßrohr anfangs jede Minute abgelesen, nachher, etwa von der 50. Minute an, in größeren Intervallen. Um je in der 60. Sekunde die Ablesung machen zu können, hat Wiegner einen Wecker so eingerichtet, daß er jedesmal anschlägt, wenn der Sekundenzeiger die 60 erreicht.

Man braucht ziemlich viele Formeln, die man berechnen kann. Es kommt auf die Größenverhältnisse des Apparates an, auf den Inhalt des Fallrohres, Inhalt des Absatzrohres, Inhalt des Meßrohres, auf das spezifische Gewicht der Erdprobe, das meist als 2,65 anzunehmen ist, dann auf die Menge der verwendeten Bodenprobe.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, in die Einzelheiten der Eichung des Apparates einzugehen. Für den Geobotaniker sollte der Apparat fertig geeicht beziehbar gemacht werden. Wer es selber machen will, muß auf die Originalbeschreibung zurückgehen.

Wenn man im Besitz des geeichten Apparates ist, hat man nach dem Aufschwemmen und Durchmischen der Bodenproben usw. nur die Zeitablesungen zu machen. Aus den Stokes-Tabellen weiß man die Fallgeschwindigkeiten der Teilchengrößen, weiß also, zu welchen Teilchengrößen die verschiedenen Ablesungen gehören. Aus einer Tabelle kann man den Prozentsatz der sedimentierten Bodenmenge im Verhältnis zu den abgelesenen Wasserhöhen im Meßrohr ablesen und aus diesen beiden Zahlen ergibt sich ohne weiteres der Anteil jeder Korngröße in der Bodenprobe.

Wasserbestimmung

Die Gesamtwasserbestimmung in einer gegebenen Erdprobe macht man, indem man die frische Probe wägt und sie dann im

Trockenschrank oder auf dem Wasserbad bei 100° trocknet und wieder wägt. Für den Geobotaniker ist es aber von besonderem Interesse, zu erfahren, ob all dies Wasser der Pflanze zugute kommen kann oder wieviel davon. In diesem Punkt verhalten sich die Böden verschieden.

Clements (Research methods 1905, S. 30ff.) benennt diese Wasseranteile folgendermaßen: Das Gesamtwasser, das im Boden vorhanden ist, nennt er Holard (von holos ganz und ardon Erdwasser). Von diesem ist nur ein Teil für die Pflanze benutzbar, ein anderer Teil wird vom Boden so fest zurückgehalten, daß die Pflanze ihn nicht erhält. Das Wasser, das der Pflanze zur Verfügung steht, das Verbrauchswasser, nennt er Chresard (von chresis Gebrauch) und das für die Pflanze unverwertbare Echard (von echo zurückhalten). Zur Bestimmung dieser Wasseranteile werden die Pflanzen selber als Zeiger verwendet, indem das entschiedene Welken der Pflanze den Zeitpunkt angibt, in welchem sie kein verbrauchbares Wasser mehr erhält. Die Untersuchung wird teils im Laboratorium, teils im Feld ausgeführt:

a) Unter ständiger Kontrolle

Aus Samen von im Freien natürlich wachsenden Pflanzen gezogene Pflänzlinge werden in einem geräumigen Topf aus Glas verpflanzt unter möglichster Schonung des Wurzelwerks. Die Pflänzlinge werden begossen in der Weise, daß das Wachstum möglichst normal vor sich geht. Nach vollständiger Entwickelung der Pflanzen werden aus dem Topf drei Bodenproben entnommen: eine direkt bei den Wurzeln, die zweite in halber Entfernung zwischen Pflanze und Topfrand, die dritte am Rande des Topfes. Die Tiefe richtet sich nach der Lage der Wurzeln.

Zuerst wird auf gewöhlichem Wege der Gesamtwassergehalt bestimmt, indem man die frische Bodenprobe wägt und sie dann durch Erhitzen im Wasserbad austrocknet und wieder wägt. Holard ist dann der Gewichtsverlust, bezogen auf 100 g ursprünglicher nasser Erdprobe oder besser auf 100 g Boden-Trockengewicht.

Hierauf wird die Topfpflanze langsamer allmählicher Austrocknung unterworfen, bis Blätter und Schosse ausgesprochen welk sind. Nun werden in gleicher Weise neuerdings drei Erdproben enthoben und auf ihren Wassergehalt geprüft. Das erhaltene Resultat bildet die Summe des von der Pflanze nicht verwendbaren Wassers (Echard).

Holard und Echard werden auf je 100 g Trockenerde berechnet. Das Verbrauchswasser (Chresard) ergibt sich dann durch Subtraktion des nicht verwendbaren Wassers vom Gesamtwasser und wird ausgedrückt in Gramm für je 100 g Boden-Trockengewicht.

Es empfiehlt sich, vorsichtshalber das Verbrauchswasser für sechs Individuen der gleichen Art zu bestimmen, die unter möglichst übereinstimmenden Bedingungen in verschiedenen Töpfen kultiviert worden sind.

Soll das durchschnittlich zur Verfügung stehende Verbrauchswasser eines bestimmten Bodens ermittelt werden, so ist es notwendig, verschiedene Arten, die verschiedenen Typen angehören, zu verwenden. Die Untersuchung ist notwendigerweise sehr kompliziert und muß zum Gegenstand spezieller Studien gemacht worden.

b) Im Feld

Die Schwierigkeiten der Felduntersuchung liegen im Ausschluß des Regenwassers und Taus, sowie im Abhalten des Kapillarwassers. Dem begegnet man, indem man einen möglichst gleichmässig bewachsenen großen Erdziegel sorgfältig und tief genug aushebt, ihn frei liegen läßt oder in einen Topf pflanzt und in der eigenen Formation oder anderswo unter Abhaltung von Regen und Tau austrocknen läßt.

Die natürlichste und zufriedenstellendste Methode ist es aber, den Erdziegel an seinem Platz zu belassen und die Tätigkeit der Kapillarität durch Einschluß des Ziegels mit dünnen Metallplatten abzuschneiden. Man bedient sich hierzu am besten dünner Eisenplatten, die längs der Schnittflächen des Erdziegels eingeschoben werden. Die Bodenplatte wird nach Hebung des Blocks untergelegt, oder, falls der Boden lose genug ist, sorgfältig eingetrieben. Der Zutritt von Regen und Tau wird durch übergespanntes Segeltuch verhindert. Selbstverständlich wird das Tuch nur bei drohendem Regen oder voraussichtlichem Taufall übergespannt, um nicht durch Beschattung die natürlichen Bedingungen zu stören. Die Zeitdauer der Austrocknung liefert ein ausgezeichnetes Mittel zur Beurteilung des Grades der Wasserabgabe verschiedener Böden.

Die verschiedenen Pflanzen haben aber nicht die gleiche Kraft, um Wasser aus dem Boden zu ziehen. Es läßt sich also für jede Art eine eigene Chresard-Zahl finden. Diese Fragen haben Briggs

und Shantz ausführlich studiert, worauf verwiesen sei[1]). Von Bedeutung ist das von ihnen gefundene Resultat, daß der Welkungskoeffizient der verschiedenen Arten gar nicht so verschieden ist, als man erwarten würde. Größere Abweichungen von der Durchschnittszahl zeigten nur ganz wenige Arten mit grobem Wurzelwerk, die den Boden sehr ungleichmäßig ausnützten.

Neben der Frage nach dem brauchbaren Wasser im Boden und dem Welkungskoeffizienten der Arten haben sich Briggs und Shantz auch mit der entgegengesetzten Frage nach dem Wasserbedürfnis der Pflanze eingehend beschäftigt, worauf nur hingewiesen sei[2]).

Kochsalzbestimmung

Im amerikanischen Bureau of plant industry wurden diese Messungen teils gravimetrisch teils nach der Methode des elektrischen Widerstandes bestimmt[3]). Die elektrische Methode läßt sich auch im Freien leicht anwenden, gibt jedoch nur annähernde Resultate infolge der Variation in der Zusammensetzung der Bodenlösungen und der Tatsache, daß die gefundenen Salze sehr verschieden sind in bezug auf ihr Molekulargewicht und auf die Wanderfähigkeit ihrer Ionen.

Um den beobachteten Widerstand graphisch darzustellen, wurde eine Kurve konstruiert, die auf dem beobachteten Verhältnis

---

[1]) Lyman J. Briggs und H. L. Shantz, The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. Bureau of plant industry, U. S. Dep. of Agr. Bulletin 230, 1912. Die relativen Welkungskoeffizienten verschiedener Pflanzen. Flora 105, 1913, S. 224—240.

[2]) Lyman J. Briggs und H. L. Shantz, The water requirement of plants. I. Investigations in the Great Plains in 1910 and 1911. Bureau of plant industry, Bulletin 284. II. A review of the literature. Bull. 29, 1913. — Briggs und Shantz, Relative water requirement of plants. Journ. of agric. research, 3, 1914, No. 1.

[3]) T. H. Kearney, L. J. Briggs, H. L. Shantz, J. W. McLane and R. L. Piemeisel, Indicator significance of vegetation in Tooele valley, Utah. Journ. of agric. research, 1, 1914, No. 5, S. 365—417. — Whitney, Milton und T. H. Means, An electrical method of determining the soluble salt content of soils. U. S. Dep. Agr. Div. Soils, Bulletin 8, 1897. — Lyman J. Briggs, Electrical instruments for determining the moisture, temperature, and soluble salt content of soils. U. S. Dep. Agr. Div. Soils, Bull. 15, 1899. — R. O. E. Davis und H. Bryan, The electrical bridge for the determination of soluble salts in soils. U. S. Dep. Agr. Bureau of Soils, Bull. 61, 1910.

zwischen elektrischem Widerstand und dem Salzgehalt einer Anzahl Böden (gravimetrisch bestimmt) beruht.

Bei der gravimetrischen Bestimmung befolgte man folgendes Verfahren. Je 100 g trockene Erde wurden in 500 cm^3 Wasser gelöst, filtriert und gleiche Teile des Filtrates verdunstet. Eine Anzahl Proben waren reich an Gips. Wenn man solche Böden in einem Überschuß von Wasser löst, geht eine beträchtlich höhere Gipsmenge in Lösung, als wenn der Boden einfach mit Wasser gesättigt wird. Der Salzgehalt der Gipsböden gibt infolgedessen bei der gravimetrischen Bestimmung zu hohe Resultate.

Mit Hilfe eines Zentrifugalapparates ist es möglich, eine gewisse Menge Lösung aus ungesättigten Böden herauszuziehen und zu sammeln. Aus der Konzentration dieser Lösung und dem Anfangs-Feuchtigkeitsgehalt des Bodens kann der Salzgehalt des Bodens bestimmt werden.

Diese Methode gibt Resultate, die besser in Übereinstimmung mit jenen der elektrischen Widerstandsmethode sind, als die der Methode der Überschußlösung. Deshalb muß auch die elektrische Widerstandsmethode bei Gipsböden als zuverlässiger bezeichnet werden. Der wahrscheinliche Fehler bei der Bestimmung mit der elektrischen Widerstandsmethode ist etwa 10 % des vorhandenen Salzgehaltes.

Kalkbestimmung

Die Herkunft des Kalkes im Boden kann verschieden sein und sie ist auch verschieden leicht zu erkennen. Im großen ganzen können die Sedimente als kalkreich, die sog. Urgesteine als kalkarm bezeichnet werden. Es gibt aber auch Ausnahmen.

Wir haben kalkarme Sedimente: z. B. in der Schweiz[1]: der Taveyanazsandstein des Eocäns, der Gault der Kreide, die Kieselkalke des Neocoms.

Andererseits sind folgende Urgebirgsgesteine kalkreich: Dolerite, Basalte, Hornblendegneis, granatführende Glimmerschiefer, oligoklasreiche Granite.

---

[1]) C. Schröter, Bodenzeigende Pflanzen der Schweiz. S. 113—134 in: Die landwirtschaftliche Schule der eidgenössischen technischen Hochschule. Bericht über Wege und Ziele der neueren Entwicklung der Anstalt von Prof. Hans Moos; Anhang: Spezialkatalog der von der landwirtschaftlichen Schule der E. T. H. in der ersten Abteilung der VIII. schweizerischen landwirtschaftlichen Ausstellung 1910 in Lausanne ausgestellten Gegenstände. Zürich 1910.

Die neuen Deckentheorien machen uns auch damit bekannt, daß man überall auf verschleppte Sedimentstücke treffen kann. Andererseits finden sich Kalzitgänge in einem Granit. Ferner muß man darauf achten, ob das Wasser der Bäche nicht aus kalkhaltigen Gegenden komme. Ferner kann Kalk mit Moränen hergetragen werden, ferner aus altem Gemäuer oder von Straßenschotter oder Komposterde oder Kalkdüngung stammen.

Umgekehrt kann mitten in Kalksedimenten eine kalkfreie Stelle mit Kieselpflanzen vorkommen, so wenn kalkarmer Humus aufgelagert ist, oder durch Überlagerung mit Ton; ferner wenn aller Kalk ausgelaugt ist, was bei kalkreichen Schlackenhaufen aus Hochöfen sich im Laufe weniger Jahre ergeben kann.

Eine rohe Messung der Kalkhaltigkeit kann man erreichen, indem man 10 % HCl mitführt und einfach konstatiert, ob der Stein beim Aufgießen von etwas Lösung aufbraust.

$$2\,HCl + CaCO_3 = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

Es ist eigentlich nur eine Kohlensäurebestimmung, aber Ca ist der Hauptbestandteil der an Kohlensäure gebundenen Bodenelemente. In gewissen Böden spielt aber Magnesiumkarbonat, $MgCO_3$, auch eine große Rolle.

Passon-Apparat für Kalkbestimmung im Boden

Für genauere Messungen des Karbonates eignet sich der ziemlich einfache und handliche Apparat von Passon[1]). Er ist in zwei Größen erhältlich, ein kleiner handlicher Apparat für Proben unter 1 % Karbonatgehalt (Fig. 47) und ein großer für kalkreichere Proben (Fig. 46).

In eine Flasche bringt man die Bodenprobe. In dieselbe Flasche kommt ein Fläschchen mit einer bestimmten Menge 10%iger Salzsäure. Über dem Salzsäureniveau ist eine Ausflußöffnung, aus der man die Salzsäure jederzeit, wenn der Apparat geschlossen und bereit ist, ausleeren kann, um sie mit der Bodenprobe zu mischen. Diese Flaschen sind mit einer weiten U-Röhre verbunden, die geschlossen ist in dem Teil, in den die Zuleitung hinkommt, offen im andern Teil. Diese U-Röhre wird mit Wasser gefüllt bis zum 0-Strich einer Kalibrierung. Dann wird die Salzsäure mit der Bodenprobe durchgemischt, die Salzsäure treibt die Kohlensäure des Kalziumkarbonates aus, diese drängt das Wasser zurück. Durch

[1]) Hergestellt von Friedrich Hofmann, Dresden-A 16, Holbeinstraße 109.

Auslaufenlassen von Wasser im anderen Rohrbogen bringt man die Wasserniveaus wieder auf gleiche Höhe und dadurch die Kohlensäure wieder auf normalen Druck. Jetzt liest man die Wasserhöhe ab, d. h. die Kohlensäuregasmenge. Die Kalibrierung ist derart vorgenommen, daß die abgelesenen Zahlen direkt den Prozentgehalt $CaCO_3$ bedeuten, im großen Apparat in ganzen Prozenten bis 50%, im kleinen in Zehntel-Prozenten bis 1%. Hat man eine Bodenprobe mit mehr als 50% Karbonat, so hilft man sich dadurch, daß man nur halb so viel Gramm Erde zur Probe verwendet, dann ist natürlich die abgelesene Zahl zu verdoppeln.

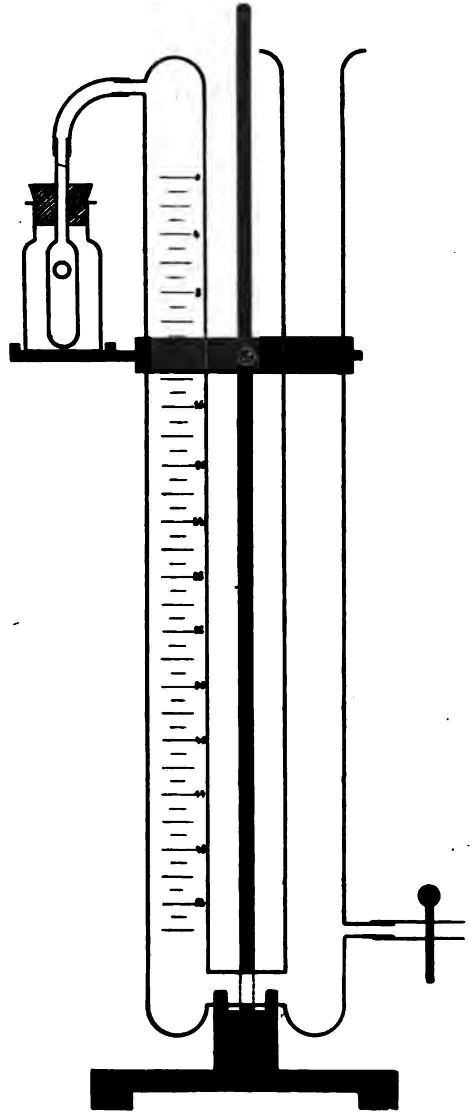


Fig. 46. **Passons Kalkmesser für kalkreiche Erden**

Bodenthermometer

Um sich Rechenschaft zu geben, unter was für Wärmebedingungen die Wurzeln leben, bedient man sich der Bodenthermometer. Für geringe Tiefen erstellen Fueß in Berlin Thermometer mit schräg abgebogenen Quecksilbergefäßen und einem eisernen Gestell, das die Thermometer halten und gegen Abbrechen schützen soll (Fig. 48). Diese Thermometer werden für Tiefen von 0, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40 cm hergestellt.

Für Messungen in größeren Tiefen bedient man sich der Lamontschen Kästen (Fig. 49).

Die Thermometer liegen in vorne offenen Holzzylindern, die Hg-Kugel durch ein Drahtnetz geschützt. Diese Zylinder sind verschieden lang und passen in die Löcher des Kastens, so daß die Hg-Kugeln in die gewünschte Tiefe zu liegen kommen. Den Kasten, der die vier Thermometer aufnimmt, gräbt man an der Stelle ein, deren Bodentemperatur man zu kennen wünscht. Die Holzröhren kann man von oben aus- und einführen. Nach einiger Zeit



Fig. 47. Passons Kalkmesser für kalkarme Erden

nehmen die Thermometer die Wärme ihrer Umgebung an. Zum Ablesen hebt man den Deckel rasch ab, zieht die gewollte Röhre heraus und liest schnell ab und steckt sie wieder hinein.

Der Deckel muß möglichst kurze Zeit offen bleiben und das Ablesen rasch gemacht werden, da jede Ablesung eine Luftmischung der äußeren Luft mit der der bestimmten Tiefe herbeiführt, die sich nach kurzer Zeit zwar wieder ausgleicht, aber immerhin etwas Einfluß haben kann, wenn man zu langsam vorgeht.

Im Winter muß man darauf achten, daß man die äußeren Bedingungen möglichst wenig ändert. Nimmt man Schnee vom Deckel, um zur Ablesung zu kommen, so decke man nachher rasch etwa gleichviel Schnee darüber.

Der Lamontsche Kasten trägt die Thermometer in 30, 60, 90 und 120 cm Tiefe. Für geobotanische Zwecke wäre eine Verteilung auf 5 cm 30, 60 und 120 cm vorteilhafter, denn die meisten

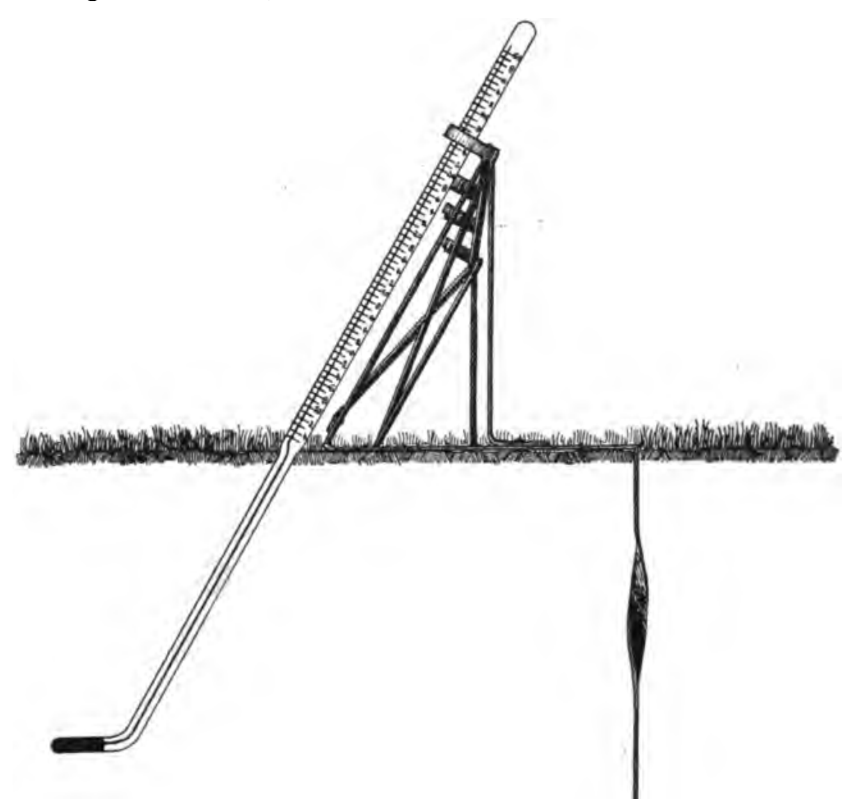


Fig. 48. Bodenthermometer für geringe Tiefen

Graswurzeln liegen in der Einflußsphäre eines 5 cm-Thermometers; anderseits ergibt der 90 cm-Thermometer nichts wesentliches, was nicht aus dem 60- und 120 cm-Thermometer herauszulesen wäre.

Ein Beispiel über Resultate bieten die Messungen auf dem Berninahospiz. Wir sehen, daß in dem Boden, der von einem Curvuletum bewachsen war, dort oben in einer Höhe von 2300 m die Schwankungen der Temperatur rasch abnehmen. Die extremen Differenzen der Lufttemperatur waren

+ 24,0 und — 24,5°, also 48,5°,
in 30 cm Tiefe nur noch 17,7°,
„ 60 „ „ „ „ 13,6°,
„ 90 „ „ „ „ 11,2°,
„ 120 „ „ „ „ 10,1°.

Während die Lufttemperatur jeden Monat ein Minimum unter 0° zeigt, haben wir

bei 30 cm schon 4 Monate ohne Minimum unter 0°,
„ 60—120 cm 7 „ „ „ „ 0°.

Der kälteste Monat verschiebt sich von außen nach unten vom Januar auf den Februar, den März und sogar April, ähnliche Verschiebungen weist der wärmste Monat auf.

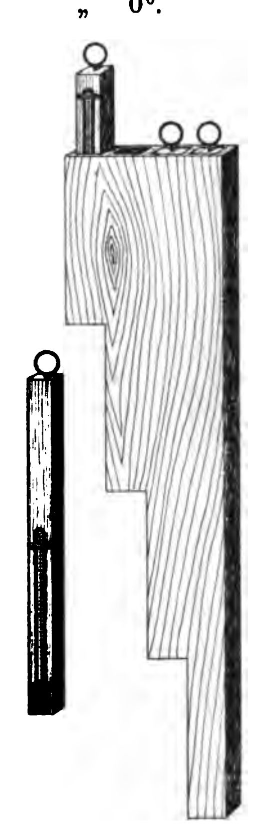


Fig. 49. Bodenthermometer im Lamontschen Kasten

Die tägliche Schwankung dringt im Sommer bis 30 cm ein und zwar mit so großer Verzögerung, daß das Tagesmaximum in die Nacht fällt. Bei 60 cm merken wir keine Tagesschwankung mehr.

Eine starke Schwankung, die außen von einem Tag zum andern stattfindet, macht sich
in 30 cm mit einem Tag Verspätung bemerk-
„ 60 „ „ 2—3 „ „ [bar,
„ 90 „ „ 4 „ „
„ 120 cm zeigt keine Tagesschwankungen, nur noch jahreszeitliche.

Im Winter merkt man schon bei 30 cm nur die jahreszeitlichen Schwankungen, die Schneedecke verhindert die kürzeren am Eindringen.

Verschiedene Bodenarten werden verschiedene Zahlenserien ergeben.

Am Simplon wurden umfassende Bodentemperaturmessungen vorgenommen. In den Alpen sind die durchschnittlichen Jahrestemperaturen im Boden viel höher als in der Luft. Maurer (Bodentemperatur und Sonnenstrahlung in den Alpen, Meteor. Zeitschr. Heft 5, 1916) zeigt in einer Figur, daß die Differenz zwischen der mittleren Jahrestemperatur der Luft und derjenigen im Boden mit der Höhe steigt. Die Differenz bei 800 m ü. M. beträgt ½ bis 1°, bei 1800 m 2°, bei 3000 m 3°. Der Boden

erhält in den Alpen im Sommer starke Einstrahlung, während die Schneedecke eine starke winterliche Ausstrahlung verhindert.

Von besonderer Bedeutung sind Temperaturmessungen in den obersten Bodenschichten und an der Bodenoberfläche. Es sind dies die wärmsten Regionen der Pflanze, und da die meisten Pflanzen kaum viel mehr als 50° aushalten, muß die Gegend des Pflanzenfußes oft sich gegen Hitze schützen. Es sei an den Wurzelkork bei Pflanzen stark erwärmter Böden (Diels in Flora Bd. XI, wo weitere Literatur angegeben) erinnert, der in ökologischer Hinsicht seine Bedeutung wohl darin hat, supramaximale Temperaturen zu vermeiden.

Für diese oberen Schichten benutzbar und leicht mitzutragen ist ein Thermometer in starker Messinghülse mit Stechspitze (siehe Fig. 50).

Fig. 50. Stechthermometer

13. Biotische Faktoren

Mannigfaltiger Art sind die Einwirkungen der Pflanzen und Tiere auf die Vegetation. Im Boden angefangen sind zunächst die Bodenbakterien, die verändernd auf den Standort einwirken, indem die einen als Stickstoffbildner auftreten, andere Fäulnis und Verwesung verursachen und beschleunigen usw. Bei diesen Bodenbearbeitern seien von den Tieren besonders die Würmer erwähnt, deren Wühlarbeit für die Durchlüftung und somit für die Fruchtbarkeit des Bodens in starkem Maße sorgt.

Pflanzliche und tierische Parasiten leben auf den Pflanzen und können oft sehr zerstörend auf die Vegetation wirken. Von den vielen parasitären Pilzarten möge an den Getreiderost erinnert werden, der in der Frucht sich ansiedelt, an *Cintractia caricis*, von der die Früchte vieler Carices zerstört werden, an den Gitterrost, der die Birnbäume heimsucht.

Von tierischen Parasiten gibt es unendlich viele Motten, wie z. B. die Arvenmotte, welche die Arvennadeln zum Absterben bringt.

131. Phytobiotische Einwirkungen

Abgesehen von den eben besprochenen pathologischen bestehen sehr viele Einwirkungen der Vegetationskomponenten aufeinander.

Es ist dies besonders der Wettbewerb um den Wuchsort. Im Boden tritt Wurzelwettbewerb auf. Nicht nur wenn oberirdisch die Vegetationsdecke geschlossen erscheint, sondern oft auch bei oberirdischer Offenheit kann ein geschlossener Wurzelfilz auftreten, in welchem schwer um die Nährstoffe gerungen wird. Da kann es nun vorkommen, daß eine Pflanze verdrängt wird auf Wurzelorte, wo der Sieger nicht mehr mitkommt. Der genügsame Verdrängte kann dadurch z. B. auf ganz heterogenen Böden zum Herrschen kommen, uur weil er dort fortzukommen vermag, der Wettbewerber aber nicht mehr. Ein gutes Beispiel bietet *Pinus montana.*

In den Ostalpen kommt sie in großen Beständen auf humusarmen, trockenen Kalkschutthalden vor, in den Zentralalpen häufig im Gegensatz dazu auf humusreichen, kalkarmen Böden, auf Mooren im Jura und dort auch wieder in Kalkfelswänden.

Schimper nahm an, es seien physiologisch verschiedene Rassen, was sich aber nicht erwiesen hat. Pillichody hat Verpflanzungen vorgenommen. Er pflanzte Bergföhren, die er einem Hochmoor entnahm, also kalkarmem Boden, in einen kalkreichen Boden und sie gediehen weiter gut. Das Richtige dürfte eher darin liegen, was P. E. Müller ausgesprochen hat, daß die Bergföhre geeignet wäre, weite Gebiete zu besiedeln, daß sie aber in den Gebieten, die ihr am meisten zusagen, verdrängt wird durch andere Arten, die unter jenen Bedingungen kräftiger sind und den Wettbewerbskampf gewinnen. So treibt der Wettbewerb die *Pinus montana* nach verschiedenen Seiten auf Außenposten, die von anderen Wettbewerbern nicht begehrt sind. Diesen Standorten ist also vor allem das gemeinsam, daß sie dem bösen Wettbewerber nicht mehr genügen und die Gleichheit dieses Faktors, eines Wettbewerbsfaktors, ist das Maßgebende für *Pinus montana*, wobei dann die Faktoren des Humusgehaltes, des Kalkgehaltss stark variieren und nicht den Ausschlag geben.

Bei der Untersuchung des Wettbewerbsfaktors sei auch auf die Ansicht Scharfetters[1]) hingewiesen: Wo geschlossene Gesellschaften seit langer Zeit bestehen, auf größeren Strecken, die kein Neuland bieten, werden naturgemäß nicht neue Arten einwandern, im Gegenteil werden die robustesten, die sich in optimalen Bedingungen befinden, solche verdrängen, die den starken Schluß

---

[1]) R. Scharfetter, Über die Artenarmut der ostalpinen Ausläufer der Zentralalpen. Österr. bot. Zeitschr., Jg. 1909, Nr. 6.

nicht vertragen. Scharfetter erklärt hieraus die Artenarmut gewisser Bezirke der österreichischen Alpen.

Indem man Vertikalausstiche im Boden macht, kann man direkte Beobachtungen anstellen über den Wurzelwettbewerb. Verschiedene Stiche müssen naturgemäß in derselben Pflanzengesellschaft gemacht werden. Durch diese Methode wird noch vieles über die gesetzmäßige Zusammensetzung einzelner Pflanzengesellschaften herauszubringen sein. Man kann nicht nur sehen, wer Wettbewerber ist und wen er auszuschließen sucht, sondern auch warum gewisse Pflanzen gern zusammen vorkommen und am gleichen Ort in großer Menge vorkommen können. Im Haushalt einer Pflanzengesellschaft, in der die einzelnen Komponenten ihre Nahrung in verschiedenen Tiefenlagen des Bodens suchen, besteht kein Wurzelwettbewerb. Die Vegetation ist für eine gewisse Klasse von Arten eine geschlossene, ist dagegen noch offen für eine tieferwurzelnde Gruppe.

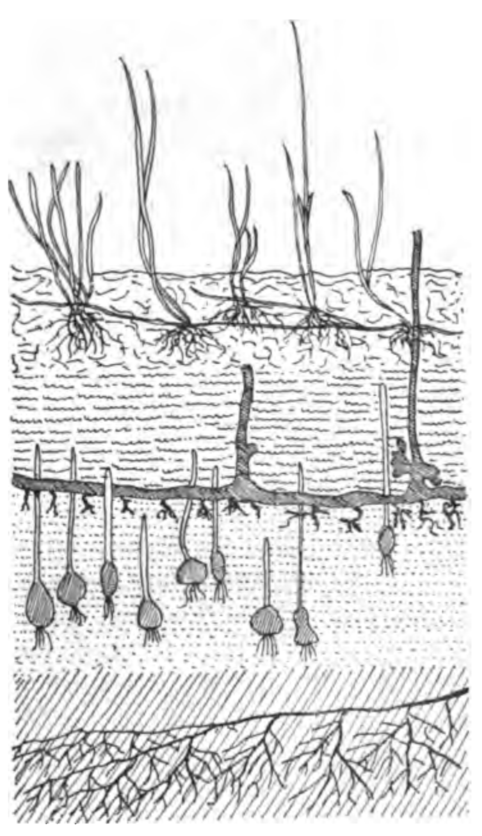


Fig. 51. Wurzelwettbewerb. Edaphische komplentäre Gewächse nach Woodhead

Woodhead (Ecology of woodland plants in the neighbourhood of Huddersfield, Linn. Soc. Journ.-Botany Bd. 37, 1906, S. 333 bis 406 und Diss. Zürich 1906) hat eine hübsche Untersuchung gemacht in einem englischen Eichenwald. Man sieht in seinem Querschnitt durch den Boden (Fig. 51), wie verschiedene Pflanzen ganz gut zugleich dominierend in einer Assoziation vorkommen können, ohne daß die Wurzeln in Wettbewerb treten. In dem Falle von Woodhead ist es ein Eichenwald, der im Unterwuchs

in Massen *Scilla nonscripta*, *Pteridium aquilinum* und *Holcus lanatus* zeigt. Die Bodenquerschnitt-Untersuchung ergibt vier verschiedene Bodenschichten für die Wurzeln dieser vier Pflanzen. *Holcus* vermag den Boden der obersten Schicht ganz für seine Wurzeln in Anspruch zu nehmen. Die langen Rhizome verteilen sich im losen Blattmull. Tiefer liegen die großen Rhizome von *Pteridium* wieder ohne Wettbewerb in jener Schicht im obersten Teil des Lehms. Noch tiefer befinden sich die *Scilla*-Zwiebeln und am tiefsten die Wurzeln der Eichenbäume. Woodhead sagt, die Wurzeln dieser Pflanzen sind edaphisch komplementär.

Ähnliche Untersuchungen über Wurzelwettbewerb hat Kästner[1]) im Zschopautale in Sachsen mit Erfolg ausgeführt.

Einen interessanten Fall von Wettbewerb im Boden, auf den kurz hingewiesen sei, untersuchten Shantz und Piemeisel (Fungus fairy rings in eastern Colorado and their effect on vegetation. Journ. of Agric. Research, Vol. XI, No. 5, Okt. 1917, Washington, S. 191—245; 20 Tafeln) sehr eingehend. Pilze (*Agaricus tabellaris* u. a.) entwickeln sich in Ringen, nach auswärts, also sich erweiternd fortwachsend. Das im Boden wuchernde Pilzmyzel bewirkt Entwicklung von Stickstoffverbindungen. Der herrschende Kurzgrasrasen wird üppiger, aber nur für kurze Zeit. Das Pilzmyzel erwies sich als undurchlässig für Regenwasser. Die ganze Kurzgrasassoziation jener Stellen geht an Trockenheit zugrunde. Der Boden wird oberirdisch vegetationslos. Wenn das Pilzmyzel nach einigen Jahren abstirbt, wird der Boden wieder wasserdurchlässig und ist zugleich nährstoffreicher geworden. Es erfolgt dann wie bei anderem Ödland, Brachland, verlassenen Straßen usw. Wiederbesiedelung, erst durch Unkräuter, dann durch Gräser, worauf ein Stadium perennierender Kräuter folgt, um zuletzt wieder zur ursprünglichen Kurzgrasassoziation zurückzukehren.

Über dem Boden tritt der Blattwettbewerb auf, der nicht nur um den Raum, sondern besonders um das Licht geht.

Die Untersuchung dieses Wettbewerbs ist nach zweierlei Richtungen vorzunehmen, nach dem Raum und nach der Zeit.

[1]) Kästner, Wie untersuche ich einen Pflanzenverein? Eine Anleitung zu selbständiger Arbeit für reifere Schüler höherer Lehranstalten. Biologische Arbeit, Heft 7, Leipzig 1919. — Kästner, Die Pflanzenvereine und -bestände des Zschopautals bei Lichtenwalde. XX. Bericht der Naturwissensch. Ges. zu Chemnitz, 1920, S. 88—188.

Die Art der Verzweigung und die Blattdrehungen wirken auf günstige Ausnützung des belichteten Raumes hin. Man sieht z. B. an der Buche, daß die Blätter an verschiedenen Seiten des Zweiges ausbrechen, aber ihren Stiel alle so drehen, daß sie ihre Oberseite dem Licht zukehren. Die Blätter fügen sich auch mosaikartig nebeneinander, was eine starke Ausnützung des Lichtes bedingt. Daher ist der belaubte Buchenwald so dunkel. Diesem Wettbewerb weichen eine Reihe Pflanzen zeitlich aus. Eine ganze Reihe Buchenbegleiter blühen und erledigen ihren Kreislauf so früh im Jahre, daß sie nicht von dem sommerlichen Waldesdunkel betroffen werden. Es sei hier besonders an *Anemone nemorosa*, *Anemone hepatica* erinnert. Um diesen Wettbewerb zu ergründen, muß man also zu verschiedenen Jahreszeiten untersuchen.

Im früher erwähnten Beispiel des Eichenwaldes von Woodhead auf „coalmeasure“-Boden in Westengland tritt auch zeitliche Trennung ein. *Scilla* blüht früh, wenn sie Platz und Licht noch für sich hat. Dann tritt *Holcus* auf, der aber nicht ganz fertig wird mit seinem Jahreslauf bis der Adlerfarn hervortritt und alles mit dicken Wedeln zudeckt. Das lichte Eichenblätterdach schadet dem sommerlichen Adlerfarn wenig. Woodhead nennt diese Pflanzen jahreszeitlich komplementär.

Ein dichter Buchenwald läßt fast gar nichts mehr unter sich aufkommen im Sommer, auch die eigene Nachkommenschaft nicht. Erst dort, wo ein Alter stürzt und wieder Licht zukommt, können sofort wieder junge Bäume wachsen.

Bei anderen Arten kann dies zu einem vollständigen Wechsel im herrschenden Baum führen.

Im Engadiner Lärchenwald kann die Beschattung einen Grad erreichen (er ist bei der lichtfordernden Lärche bald erreicht), bei dem der eigene Jungwuchs nicht mehr gedeiht. Dort gedeihen aber Fichten- und Arvenjungwuchs, die dann die Lärchen ganz verdrängen können. Unter härteren klimatischen und edaphischen Bedingungen hingegen können Fichte und Arve, die einen guten Boden verlangen, nicht mehr konkurrieren. Der Lärchenwald gehört auch zu den Wäldern, deren größere Verbreitung in unserem Mittelland durch Wettbewerb verhindert ist.

Ganz ähnlich ergeht es dem kaukasischen Föhrenwald. Wo der Boden durch Waldwuchs von Föhren gut genug geworden ist für Fichtensämlinge, treten diese in Massen auf und in einer Baum-

generation ist das ganze ein Fichtenwald geworden, in dem die lichtfordernden Föhren untergegangen sind.

132. Zoobiotische Einwirkungen

Hier sind die Wirkungen auf die Verbreitung der Pflanzen und diejenigen auf die Pflanzengesellschaften als solche zu besprechen.

Bei der Fortpflanzung ist die Bedeutung der Insekten, der Kolibri usw. zu ersehen. Die Verbreitung wurde beim Wind erwähnt, durch den die „anemochoren" Pflanzen verbreitet werden, hier sind die „zoochoren" zu besprechen. Die Beerenfrüchte werden von den Vögeln gefressen und die Samen wieder anderwärts abgesetzt und dadurch verbreitet, wenn sie auf einen zusagenden Wuchsort fallen, wo nicht etwa die dichte Vegetation das Eindringen in den Boden verhindert. Ferner werden Samen durch Ameisen verschleppt, Häkelfrüchte hängen sich an den Schafspelz. Mittelbar gehören zu diesen zoogenen Verbreitungsmitteln die Straßen und Eisenbahnen. Auf diesen Wegen kommt starke Verbreitung auf große Strecken vor, denn mancher Same kann durch Anhängen an Tier und Mensch, durch Mitverpacktwerden mit Getreide, mit Kisten usw. seinen Weg auf diese Art machen. Die adventive Vegetation ist also auf zoobiotische Faktoren zurückzuführen und dies kann zu wohlbestallten Assoziationen führen, wie z. B. die noch nicht sehr lange aus Amerika eingeführte *Elodea canadensis* Mich., die eine von ihr dominierte Assoziation über Europa ausgebreitet hat.

Das Aufsuchen der Adventiven und ihrer Verbreitung erfordert ein genaues Botanisieren längs der Straßen, auf Eisenbahndämmen, auf Bahnhofarealen, auf städtischen und ländlichen Schuttablagerungsplätzen, dann auch in der Umgebung von Fabriken, wie Wollwäschereien, Mühlen usw. Man hat noch lange nicht genug berücksichtigt, daß nicht nur der moderne Mensch viel reist, sondern daß der Mensch der Völkerwanderungszeit, des römischen Altertums und der prähistorischen Zeit schon viel und weit gewandert ist und schon unendlich viel Pflanzenverbreitung absichtlich und unabsichtlich ausgeführt hat. Wieviel sind unsere Alpenpässe zur Römerzeit benutzt worden und wieviel schon vorher! Man lege sich daher bei Verbreitungsuntersuchungen stets die Frage der Verbreitung durch den Menschen

vor und suche nach deren Möglichkeiten. Diese Untersuchungen versprechen noch viele Resultate und dürften uns vielleicht noch manche gekünstelte Klimaschwankungshypothese aufklären. Diese häufigen Menschenwanderungen — und sie wanderten früher erst recht mit Sack und Pack — können an Stelle von wiederholten xerothermen und anderen Perioden treten.

Studium der Kulturgeschichte, besonders Studium der früheren Forst- und Landwirtschaft ist nötig.

Von den zoobiotischen Wirkungen auf die Pflanzengesellschaften sind von größerer Bedeutung das Weiden, Düngen, Mähen, Treten, Roden, Schwenden, die Brache, die Erdaufwerfung.

Viele dieser Faktoren werden oft als künstliche den natürlichen gegenübergestellt, weil sie unter menschlichem Einfluß stehen. Aber einerseits, wenn auch die Ursache eine menschliche ist, geht die Wirkung von den Eigenschaften der Vegetation aus, also von etwas „natürlichem"; andererseits ist das Zoon Mensch doch ein Teil der Natur, auch wenn es sich außer Zahn, Fuß usw. noch andere, „künstliche" Werkzeuge zur Beeinflussung der Natur geschaffen hat. Der Einfluß des Weidens wie des Düngens ist derselbe, ob er durch wilde Tiere oder durch Haustiere geschieht. Nicht einmal die Intensität, auf die abgestellt wird, ist verschieden. Die früher als so riesengroß hingestellten Büffelherden werden kaum weniger intensiv gehaust haben als manche zahme Herde, und wie intensiv ist z. B. die Arbeit des „wilden" Kaninchens in England[1]), Neuseeland und andernorts, die so gut wie die zahmen Schafe auf überstoßener Weide jedes Hälmchen abknabbern und jede Stelle düngen.

Man unterscheidet Kultur-, Halbkultur-, natürliche Pflanzengesellschaften.

Je intensiver man die Forschung betreibt, um so geringer werden die sogenannten „natürlichen" Pflanzengesellschaften. Man erkennt immer mehr, daß der direkte und indirekte Einfluß des Menschen so groß ist, daß unbeeinflußte Pflanzengesellschaften äußerst selten sein werden, während die Gruppe der Halbkulturpflanzengesellschaften wächst.

Das Studium der Wirtschaftsmethoden der primitiven Völker wird da noch viel herausbringen.

---

[1]) Farrow, On the ecology of the vegetation of Breckland. III. General effects of rabbits on the vegetation, Journ. of Ecology, Vol. 5, Cambridge 1917, S. 1—18.

Weiden und Düngen

Das Weiden und Düngen trivialisiert die Flora, die Arten, welche das so oft wiederholte zerstörende Eingreifen in ihre oberirdischen Teile nicht aushalten, gehen zugrunde, es bleiben nur die, welche es ertragen. Ebenso begünstigt das Düngen gewisse Pflanzen, die bei der intensiven Nährstoffzufuhr die stärkeren werden und viele anderen vertreiben. Ähnliches gilt auch vom Treten, das stete Niederdrücken auf den Boden durch den Fuß von Mensch und Tier zerdrückt viele Pflanzenteile und nur wenige besitzen die Fähigkeit, dies auszuhalten durch Biegsamkeit, Elastizität oder dergleichen.

Mähen

Der Zahn des Menschen, die Sense, wirkt ähnlich, jedoch nicht gleich wie der Zahn des Viehes und dies hauptsächlich dadurch, daß der Schnitt nicht immer und immer wieder eintritt, sondern nur vereinzelte Male und nur ganz wenige Male im Jahr, was noch manche Pflanze aushalten kann, die das Weiden nicht erträgt. Gemähte Vegetation ist daher auch reicher als geweidete. Es wirkt jedoch auch auslesend, z. B. Holzgewächse ertragen auch einmaliges Abschneiden am Fuße schlecht. Sogar artbildender Einfluß wird dem Mähen, diesem seit langen Zeiten wirkenden Faktor zugeschrieben. Nach den Untersuchungen von v. Wettstein und anderen sollen sich wiesenbewohnende Arten durch das Mähen getrennt haben in Rassen, die ihr Blühen und Fruchten vor dem Schnitt fertig bringen und solche, die erst nach dem Schnitt beginnen. Diese saisondimorphen Formen sind bei den endotrichen Enzianen bekannt, bei *Euphrasia*, bei *Rhinanthus*, *Melampyrum*.

Da setzen nun wieder kulturgeschichtliche Untersuchungen ein. Nach neueren Werken (Hahn, Von der Hacke zum Pflug. Wissenschaft u. Bildung 1914) ist das Wiesenmähen gar nicht so alt und kann nicht artbildend gewirkt haben. Das Futter wurde früher viel mehr von den Laubgehölzen genommen. Wir wissen[1]), daß die Bronzezeit keine Sensen kannte, überhaupt nichts, was auf Wiesenbau deuten würde. Das Vieh wurde durch Schneiteln

[1]) H. Brockmann-Jerosch, Das Lauben und sein Einfluß auf die Vegetation der Schweiz. Mitteilungen der Geographisch-Ethnographischen Ges. in Zürich, 1917/18, Bd. 18, Zürich 1918, S. 129—144.

der Bäume gefüttert. Die Sense tritt erst in der Eisenzeit auf, und der Zeitraum von der Eisenzeit bis zur Jetztzeit dürfte doch zu kurz sein zur ausgiebigen saisondimorphen Artbildung. Da müßte man also eine neue Erklärung für die saisondimorphen Formen suchen. Was dann erst die Fettwiesenkultur betrifft, so ist sie ganz jungen Datums. Die Verbreitung der Fettwiesenpflanzen hat daher noch etwas ganz unausgeglichenes, sie haben ihr mögliches Verbreitungsgebiet noch lange nicht eingenommen, z. B. fehlt *Trisetum flavescens* völlig in den Wiesen südlich des Walensees und beobachtete ich das Einwandern von *Anthriscus silvester* in verschiedene Pontresinerwiesen in den Jahren 1905—1912.

Lauben

Die Verwendung des Laubes als Viehfutter, die vor der regelmäßigen Mähewirtschaft von außerordentlicher Bedeutung war, wird auch jetzt noch in manchen Gegenden, wie z. B. in den Zentral- und Südalpentälern gehandhabt. Über diese Verhältnisse orientiert Brockmann (a. a. O.):

Das Entnehmen des Laubes geschieht teils durch Abschneiden der Zweige, genannt „Schneiteln", teils durch bloßes Abstreifen der Blätter. Die Zweige oder Blätterhaufen werden getrocknet und im Winter verfüttert. Ein weiterer Gebrauch des Laubes wird durch direktes Abfressen des Laubes im Winter, also durch die Winterweide des Viehes durchgeführt. Durch die überschneite Landschaft wandern die Tiere zu den Gebüschen am sonnigen Hang und fressen sie ab. Das Lauben ist sicher ein Rest einer früher sehr verbreiteten Fütterungsart und hat großen Einfluß auf die Zusammensetzung der Vegetation. Es können sich nur Holzarten halten, die ein reiches Ausschlagsvermögen besitzen. Die Bildung der Buschweiden wird gefördert. Ferner werden Laubholzgruppen auf Kosten des Nadelholzes gefördert und dadurch die Ökologie der Pflanzengesellschaft beeinflußt. Das Lauben bevorzugt Eschen, Ulmen, Ahorn, Haselnuß; es verschwindet dagegen die Weißtanne. Der Faktor des Laubens verdient größere Berücksichtigung als er bisher gefunden hat[1]).

[1]) Schöne Beispiele bei: A. Bettelini, La Flora legnosa del Sottoceneri. Botan. Excursionen und pflanzengeographische Studien in der Schweiz, herausg. von C. Schröter, H. 4, Zürich 1905. — Braun, Zitat siehe unter Gesellschaftstreue. — Hager, Zitat siehe unter Kartographie, Allgemeines.

Schwenden

Ein weiterer Einfluß macht sich in der alten Brandkultur geltend, die wohl schon der uralte „wilde" Mensch geübt hat und die auch jetzt noch geübt wird. Nicht jede Pflanze kann nach Abbrennen der oberirdischen Bestandteile sich rasch aus den unterirdischen wieder erneuern. Das Brennen von Moor und Heide ist bekannt. Auch die mediterranen Gebüsche wurden und werden geschwendet, um wieder frischeres Futter zu liefern. In der insularen Macchie auf Korsika sah ich, wie *Arbutus unedo* als erster nach dem Abbrennen sehr stark und reichlich ausschlug. Durch das Brennen wird also in dem Wettbewerb der Sträucher dort *Arbutus* wesentlich begünstigt. Das dürfte beigetragen haben, daß dieser eher feuchtigkeitsliebende Strauch nicht nur im feuchteren kollinen Gürtel zum Dominieren gelangt, sondern schon in tieferen trockneren Lagen.

Die alten Indianer wie der weiße Amerikaner brennen ungeheuer viel. Der Einfluß dieses Faktors ist dort außerordentlich groß. Der Prärienbauer wie der Indianer machten sehr ausgiebigen Gebrauch vom Abbrennen der Prärie. Die Erhaltung vieler Hartgrasflächen beruht wohl überhaupt auf dem Faktor des periodischen Brandes. Der amerikanische Forstmann des Westens gebraucht das Abbrennen der dichten Rohhumuslagen, um den Boden zur Besamung durch die Douglastanne geeignet zu machen (J. C. Blumer, Fire as a biological factor. Plant World XIII, 1910, S. 42—44). Die Wichtigkeit der Untersuchung der Feuerwirkung mag auch daraus ersehen werden, daß in der ganzen Felsengebirgsregion kein Quadratkilometer Wald ohne Zeichen von Waldbrand gefunden werden kann. Das ungeheuer starke Vorherrschen der Douglastanne in den nordamerikanischen Wäldern ist vielleicht zu einem bedeutenden Teil auf ihre Resistenzfähigkeit gegen Feuer, ihre dicke nicht flammende Borke zurückzuführen, wobei aber zu berücksichtigen ist, daß die Vorliebe zur Besiedelung von Neuland dazu kommt. Es sei darauf hingewiesen, daß nicht jeder Brand ein anthropogener Einfluß ist. Blitzschlag ist auch oft die Ursache.

In einem großen Teile von Europa spielten im Altertum und später die Waldbrände eine große Rolle als verändernder Faktor; in der Jetztzeit hat dieser Faktor hier sehr viel an Bedeutung eingebüßt. Man gehe aber den Flurnamen und ihrer Etymologie nach. Ungeheuer viele Brand und Schwändi (von schwenden = ab-

brennen) und Ableitungen davon werden der Untersuchung den Weg weisen. Durch Schwenden und durch Roden ist ja überhaupt der Kulturboden dem Wald abgerungen worden.

Roden

Nicht nur das vollständige Roden, sondern alle Arten der forstlichen Holzgewinnung haben ihren Einfluß auf die Pflanzengesellschaften, auf das Vorkommen oder Fehlen einzelner Baumarten, auf die Entwicklung des Unterwuchses und dessen Mengenverhältnisse. Der Kahlschlag verursacht eine bedeutende Standortsveränderung; die Lichtverhältnisse wechseln, der freigelegte Boden steht unter anderen Verwitterungsverhältnissen des Humus, besonders tritt eine Verhärtung des Bodens ein. Es folgen der Standortsveränderung eine Sukzession von Pflanzengesellschaften: die Schlagpflanzengesellschaft auf dem plötzlich nährstoffreichen Boden, dann die Möglichkeit für das Aufkommen lichtliebender Bäume bis zum schließlichen Wiederaufkommen der natürlichen Klimaxformation der Gegend. Oder es erfolgt durch wiederholten Eingriff des Menschen, sei es durch Ausschneiden oder Einpflanzung eine Überführung in eine gewollte künstliche Klimaxformation.

Man studiere in einem Wald, ob die Verjüngung geschehe durch

1. Stockausschläge ohne Waldweide,
2. „ mit „
3. Kahlschlag mit freier Besamung,
4. „ „ Neuanpflanzung,
5. Lichtstellung mit freier Besamung (Plenterwald)

oder auf andere Weise.

Zu diesem Zwecke wende man sich wiederum an die Förster, um die gegenwärtige und auch die frühere Bewirtschaftung, d. h. Beeinflussung der Pflanzengesellschaft zu erfahren.

Der Oberwuchs des Waldes ist oft künstlich gepflanzt, wogegen der Unterwuchs sich auf natürliche Weise einfindet, wobei zu untersuchen ist, wie weit er sich nach dem biotischen Einfluß des gepflanzten Oberwuchses richtet, wie weit klimatische und edaphische Einflüsse bestimmend sind. Dabei ist wiederum zu berücksichtigen, daß der Boden schon durch die Bäume beeinflußt ist, die edaphischen Wirkungen also zugleich indirekt biotische sind.

Philologie

Die Philologie kann uns in bezug auf die Vegetation und besonders auf den Einfluß des Menschen auf die Vegetation oft Fingerzeige geben. Viel botanisch verwertbares Material ist in den Reallexiken niedergelegt, wo man schöpfen kann. Man kann auch selber im Land noch schöpfen helfen durch Ausfindigmachen mundartlicher Pflanzennamen, die uns wieder Einsicht in die Verwendung der Pflanzen und somit in die dafür stattgehabten Eingriffe des Menschen in die Pflanzengesellschaften geben.

Eine Schwierigkeit bei der Aufnahme von Pflanzennamen liegt in der Tendenz der Gewährsleute möglichst gelehrte Namensformen statt der mundartlichen anzugeben. Man muß daher die Pflanzennamen mehrfach bei verschiedenen Gewährsleuten abfragen und dabei die Pflanzen vorzeigen, ohne die wissenschaftlich gebräuchlichen Namen zu nennen. Eine genaue phonetische Notierung des Namens ist erforderlich, dafür ist es wünschenswert, mit den Vertretern der Sprachwissenschaften in Fühlung zu treten[1]).

Acker- und Ruderalschutt

Acker- und Ruderalschutt sind aufs intensivste vom Menschen beeinflußte Standorte. Im Acker wird die „wilde" Vegetation ferngehalten; wird sie dann zugelassen durch die Brache, so erhalten wir die Momentaufnahme der biotisch bedingten Steppe, doch ist der eine Faktor Mensch so überwiegend, daß das Studium der gesamten Faktoren für viele bisher — zwar mit Unrecht — an Interesse verlor und man sich mit späteren Stadien der auf diesem Boden rasch verlaufenden Sukzession beschäftigte, Formationen, die klimatisch und edaphisch dorthin gehören, wie z. B. eine Macchie auf mediterranen Feldern, eine Wiese oder ein Wald weiter nördlich. Ähnliches gilt von den Ruderalstandorten. Das Aufwerfen des Schuttes stellt einen biotisch beweglich gemachten Boden dar, dessen Besiedelung durch ein offenes Steppenstadium geht, auch in diesem verharren kann, wenn die Bewegung des Untergrundes periodisch ständig ist, aber bei längerem Ruhen bald in die dazu passende klimatische oder edaphische Pflanzengesellschaft sich verwandelt.

[1]) Nähere Angaben für die Schweiz in Rübel, Schröter und Brockmann-Jerosch, Programme für geobotanische Arbeiten. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 2, hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Zürich 1916.

Man beachte und untersuche also die Periodizität der Eingriffe und deren Resultat.

In früheren Kriegszeiten wie in der letzten wieder, ist manches Land bebaut worden, das in der Friedenszeit wieder verlassen wurde und dann durch das Stadium des Brachackers, der anthropogenen Steppe, wieder in edaphisch und klimatisch bedingte Pflanzengesellschaften überging. Immerhin hat die Bewirtschaftung öfters eine dauernde Veränderung des Standortes hervorgerufen, z. B. eine Verarmung des Bodens an Nährstoffen, die eine anders gerichtete Sukzession hervorruft, welche nicht in das vorher vorhandene Klimaxstadium zurückleitet. Man suche also auch diese Veränderungen ausfindig zu machen.

Es besteht z. B. die Möglichkeit, daß die Macchien und Gariguen des Mittelmeergebietes vor der intensiven Bewirtschaftung Eichenwälder waren, doch ist damit nicht gesagt, daß die jetzigen Standortsfaktoren der Hartlaubgebüsche noch derartige sind, daß der Wald zurückkehren könnte, wenn der menschliche Einfluß aufhörte. Dasselbe kann auch für viele mediterrane *Pinus*-Wälder gelten. In dem verarmten Boden vermag die anspruchsvolle Eiche nicht wieder Fuß zu fassen, wohl aber eine genügsamere *Pinus*-Art wie *Pinus halepensis*. Diese Föhrenwälder auf Sandstrand sind daher darauf zu untersuchen, ob sie nicht alle mehr oder weniger dem biotischen, anthropogenen und damit in Verbindung edaphischen Veränderungen ihr Bestehen verdanken, oder ob sie auch klimatisch bedingt sind. Auch die Untersuchung der Macchien vom Standpunkt der Brandwirkung aus dürfte noch viele schöne begründende Resultate der Forschung ergeben.

14. Orographische Faktoren

Auf die Oberflächengestaltung kommt es für die Vegetation naturgemäß sehr an und sind eine Reihe Verhältnisse bei der Untersuchung zu beachten.

Die Höhe über Meer ist ein stark wirkender Faktor, besonders durch seine indirekten Wirkungen, Verkürzung der Vegetationszeit, Verringerung von diffusem Licht und diffuser Wärme, Verstärkung der direkten Strahlen usw.

Man betrachte die Bodengestaltung in bezug auf Terrassenbildung, Schluchtbildung, wobei die Böschungsverhältnisse zu messen sind.

Vom Böschungswinkel in Verbindung mit der Bodenbeschaffenheit hängt auch ab, wieviel Niederschlag durch den Boden aufgenommen wird und wieviel direkt oberflächlich abläuft.

Auf die Talgestaltung kommt es sehr an, ob das Tal offen oder abgeschlossen, im Regenschatten oder für Regenwinde zugänglich ist. Von Interesse sind abgeschlossene Klusen, Kältelöcher. Ferner sind Pässe als Wanderstraßen für die Vegetation zu beachten. Die Massenerhebung hat ihre großen klimatischen Wirkungen. Für die Schweiz hat Liez die Massenerhebung in schöner Weise dargestellt.

Damit in Verbindung steht der Verlauf vieler Vegetationslinien, namentlich der Baumgrenze und der Schneegrenze (siehe auch unter Höhenstufen).

Zur Messung von Meereshöhe, Vegetationslinienverlauf, Baumhöhen, Böschungswinkeln usw. seien einige Apparate besprochen:

Höhenbarometer (Fig. 52)

Es gibt eine Reihe guter Aneroidbarometer, die man für die Höhenbestimmungen gebrauchen kann. Als Beispiel sei angeführt das Aneroidbarometer Naudet, 7 cm Durchmesser, bis zu 4000 m brauchbar, in Lederetui mit Thermometer mit Korrektionstabellen. Auf dem Zifferblatt ist es bezeichnet: Baromètre holostérique altimetrique compensé Th. Usteri-Reinacher, Zürich (jetziger Nachfolger Masch.-Ing. Hans Mettler, Trittligasse 34, Zürich 1).

Um den eigentlichen Aneroidbarometer ist ein Teilungskreis drehbar, der die Höhenmetereinteilung von 0 bis 4300 enthält; die Teilstriche sind darauf von 10 zu 10 m gezeichnet, dazwischen lassen sich 2 m noch ganz gut schätzen.

Vor dem Gebrauch stellt man nach der Karte die Ausgangshöhe genau ein. Bei wenig veränderlicher Witterung werden in der Ebene und beim Aufwärtssteigen die Ablesungen genau. Für die Temperatur hat man eine Korrektionstabelle, die bei diesem gut kompensierten Instrument fast nichts ausmacht. Für etwaige kleine Unregelmäßigkeiten, daß z. B. ein Instrument überall genau ist, mit Ausnahme, daß es sich zwischen 1900 und 2000 m um 20 m zu wenig verändert, hat man auch eine Korrektionstabelle, wenn nötig. Es ist vorteilhaft, vor größeren Reisen oder sonst alle paar Jahre das Instrument wieder durchprüfen zu lassen, da ein Aneroid sich im Laufe der Zeit verändern kann. Die direkte

Ablesung gestattet es, bei jeder Aufnahme sofort die Höhe beizusetzen.

Die Grundlage aller Höhenmessungen ist eine gute Karte. Der vorzügliche Siegfriedatlas der Schweiz eignet sich natürlich sehr gut. Nicht nur kann man überall morgens genau einstellen, sondern trifft unterwegs immer wieder auf Höhenzahlen in der Karte, mit denen man das Höhenbarometer vergleicht. So

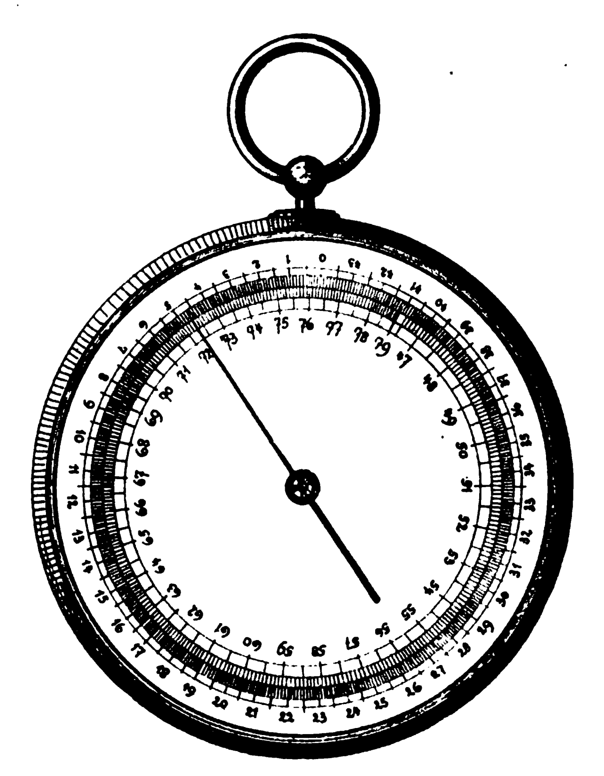


Fig. 52. Höhenbarometer. Aneroidbarometer Naudet

wird man auch bei veränderlichem Wetter die Änderung zwischen Anfangs- und Endpunkt leicht bestimmen können und allfällig Berichtigungen an gemessenen Zahlen anbringen.

Weniger genau sind die Zahlen bei raschem Abwärtssteigen, weil der Zeiger nicht immer so schnell nachkommt. Bei meinem Instrument habe ich aber sogar in Bergbahnen bemerkt, daß der Zeiger gleichmäßig, nicht ruckweise, wie oft behauptet wird, sank und zwar so schnell wie die Bahn fuhr.

Horizontalglas (Fig. 53)

Ein 18 cm langes, 3 cm dickes Metallrohr, vorn durch Glasscheibe abgeschlossen, die den Horizontalfaden enthält, hinten geschlossen bis auf ein 1 mm kleines Guckloch. Im vorderen Teil ist inwendig eine Glaswasserwage. Im Innern ist ein Spiegel. Beim Durchsehen zeigt der Horizontalfaden gleiche Höhen mit dem Auge an, wenn man die Mitte des Spiegels durch das Bild der Luftblase der Wasserwage ausgefüllt sieht. So kann man am gegenüberliegenden Berghang, an den Bäumen, Steinen usw. die Höhe ablesen.

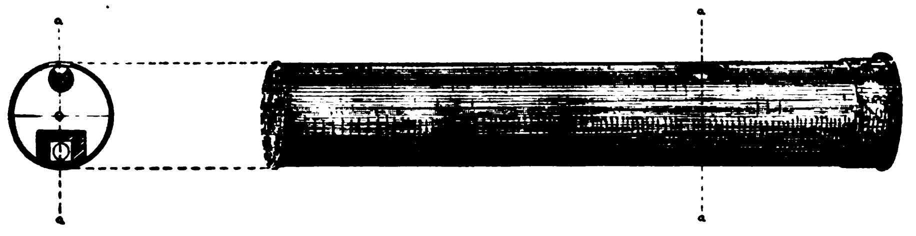


Fig. 53 Horizontalglas

Klinometer (Fig. 54)

Um eine Böschung zu messen bedient man sich des Klinometers. Ein einfaches Klinometer mit Kompaß verbunden ist folgendes. Außen am Kompaß läßt sich ein Metallstück herausziehen. Stellt man nun das Instrument so auf die Kante, daß es auf dem herausgezogenen Stützpunkt und dem Zylindermantel des Kompaßgehäuses aufruht, so steht das Instrument in Beobachtungsstellung. Im Innern ist eine Kreiseinteilung. Eine Art Senkblei hängt im Zentrum des Instruments befestigt, dessen Zeiger auf der Kreiseinteilung sich bewegt. Will man nun den Winkel einer Böschung messen, legt man einen Stock oder dergl. in der Richtung des stärksten Gefälles hin. Auf diesen kann man das Klinometer stellen und direkt die Winkelgrade ablesen.

Mit dem Kompaß bestimmt man dazu die Himmelsrichtung, das ist die Exposition der geneigten Halde, auf die es sehr stark ankommt, da je nach der Exposition die Besonnung, Belichtung usw. wechselt.

Universal-Sitometer

des optischen Institutes E. F. Büchi in Bern, System Huber-Bandi; für geobotanische Zwecke etwas umgebaut nach Angaben von Brockmann und Rübel.

Seiner vielseitigen Verwertbarkeit wegen sei dieses Instrument ausführlicher besprochen.

Dieses Universal-Sitometer[1]) dient als Horizontalglas, zum Messen der Höhe von Bäumen, von Baumgrenzen, Berggipfeln usw., zur Bestimmung des Neigungswinkels von Böschungen, zur Identifizierung der Bergspitzen und anderer markanter Punkte, zur Festlegung sichtbarer Orte, Waldränder, Assoziationsgrenzen usw.

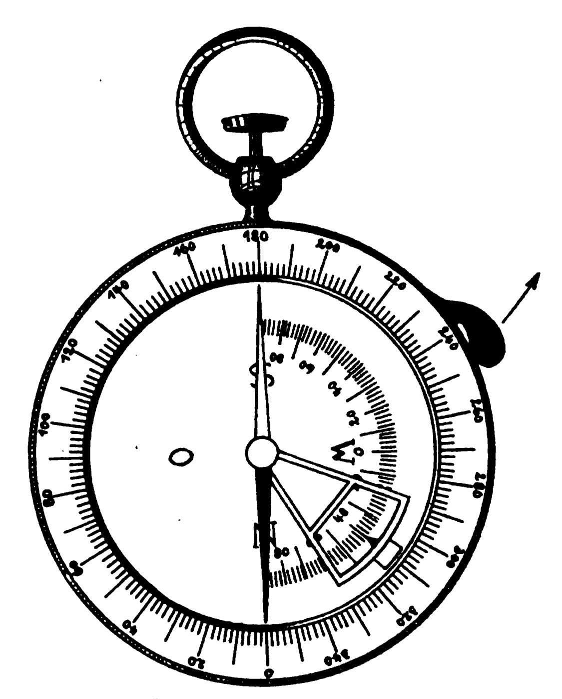


Fig. 54. Klinometer

oder des eigenen, vielleicht auf der Karte nicht sicher bekannten Standpunktes nach bekannten sichtbaren Punkten, zur Erstellung topographischer Skizzen usw. Er ist in erster Linie für Geobotaniker, Geologen, Geometer, Forstleute, Landwirte usw. wichtig, wird aber in einzelnen seiner Anwendungsmöglichkeiten jedem Touristen große Freude bereiten und unentbehrlich werden.

Der Apparat ist sehr leicht mitzutragen, da er nur 6 : $4^1/_2$: 2 cm mißt. Die Prozentskala wurde für geobotanische Zwecke eingebaut.

[1]) Um die feine Nadel nicht zu beschädigen, soll die Arretierung am Kompaß nur gelöst sein, solange das Instrument wagrecht gehalten wird.

(Man lasse sich nicht durch das äußerlich angebrachte Einteilungsrad „Azimute“ stören, das für unsere Zwecke gar keine Bedeutung hat, dessen Entfernung aber Extrakosten verursacht hätte.)

A. Benutzung der Wasserwage und der Höhenprozentskala.

1. Benutzung als Horizontalglas (Fig. 55).

Man hält den Apparat senkrecht ans Auge (also Lederstrippenhalter nach unten). Die Luftblase der Wasserwage muß zwischen

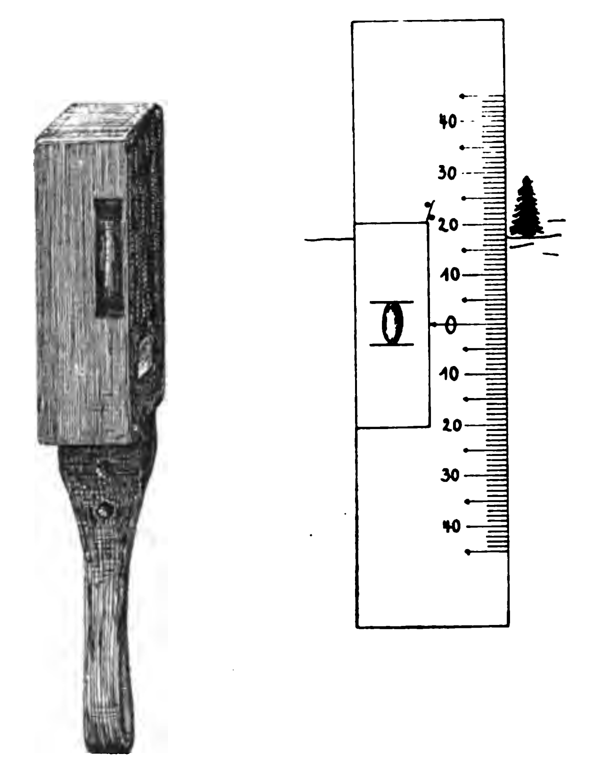


Fig. 55. Universal-Sitometer. Ansicht zur Benutzung als Horizontalglas, Höhenmesser und Klinometer

die beiden roten Striche zu liegen kommen, dann bedeutet die 0 der Skala die Horizontale. Man kann also die Punkte der Landschaft, die mit unserem Auge gleich hoch liegen, direkt sehen, indem man auf den Nullstrich im Apparat und zugleich am Apparat vorbei in die Landschaft blickt, was mit geringer Übung sehr leicht gelingt.

2. Benutzung als Höhenmesser (Fig. 55).

Ich schaue wieder durch, unter Einspielenlassen der Luftblase zwischen die rote Striche. Der Punkt, den ich kennen will, liegt aber nicht in der Horizontale, sondern höher oder tiefer. Die Skala im Apparat gibt nun direkt die Prozente der Neigung an.

Beispiel: Ich stehe am höchsten Baum eines Hanges bei 2200 m ü. M. Auf dem gegenüberliegenden Hang scheinen mir aber die Bäume höher zu gehen. Nun brauche ich nicht mehr den weiten Weg hinüberzumachen, um an Ort und Stelle den Höhenbarometer abzulesen, sondern visiere einen Baum drüben mit dem Sitometer an. Er entspreche dem Skalenteil 9, liege also von mir aus 9% höher. Auf der Karte messe ich, daß der Hang drüben 800 m von mir entfernt ist. Der Baum, der 9 auf Hundert, $9 \times 8 = 56$ auf Achthundert höher ist, steht also bei $2200 + 56 = 2256$ m. Da man etwa auf 1% genau ablesen kann, so hält sich die Genauigkeit innerhalb eines km um die 10 m, was genügend ist. Für solche Distanzen ist der Apparat bestimmt. Man verlange aber nicht, daß bei mehreren km breiten Tälern noch ebenso genaue Messungen gemacht werden können. Die $\pm$ genaue Distanzmessung auf der Karte beeinfußt das Resultat natürlich ebensosehr. Immerhin kann auf große Distanzen noch bestimmt werden, ob man z. B. einen hohen Berggipfel sieht oder nur dessen niedrigeren Vorgipfel usw.

3. Benutzung als Klinometer zur Bestimmung von Böschungswinkeln und zur Messung der Höhe von Bäumen, Felsen usw. (Fig. 55).

Will man die Neigung eines Abhanges bestimmen, so kann man sich bis zum Boden bücken, durch den Apparat den Abhang hinauf oder hinunter schauen und die Steigungsprozente direkt ablesen. Bequemer ist es, man merkt sich die eigene Augenhöhe am Baum, Strauch oder an einem Kameraden und visiert daraufhin im größten Gefälle, wiederum die Prozente direkt ablesend.

Will man die Höhe von Bäumen messen, so steckt man mit Hilfe eines Meßbandes oder einer Schnur von bekannter Länge eine genügend lange horizontale Strecke ab (bei Bäumen in der Regel 20—50 m) und bestimmt an deren Endpunkt vom Boden aus die Steigungsprozente zum Gipfel der gesuchten Strecke, deren Höhe man durch Multiplizieren mit der abgesteckten Entfernung erhält.

B. Benutzung des Kompasses mit Kartentransporteur.

Zur Benutzung des Kompasses hält man den Apparat wagerecht vors Auge (Azimutscheibe nach unten), löst die Kompaßarretierung (am besten mit dem linken Daumen) durch Druck und Schub auf den Knopf im Einschnitt der Unterseite. Dann spielt der Kompaß, man sieht die Zahlen sich einstellen (Fig. 56). Nord- und Südrichtung haben die Kompaßzahl 0, jede Kreishälfte ist in 32 geteilt (abgerundete Zahl von π, so daß die Zahlen rund den Kreisumfang $2\,\pi$ bei Radius 1 darstellen), die Westhälfte hell, die Osthälfte mit schwarzem Strich.

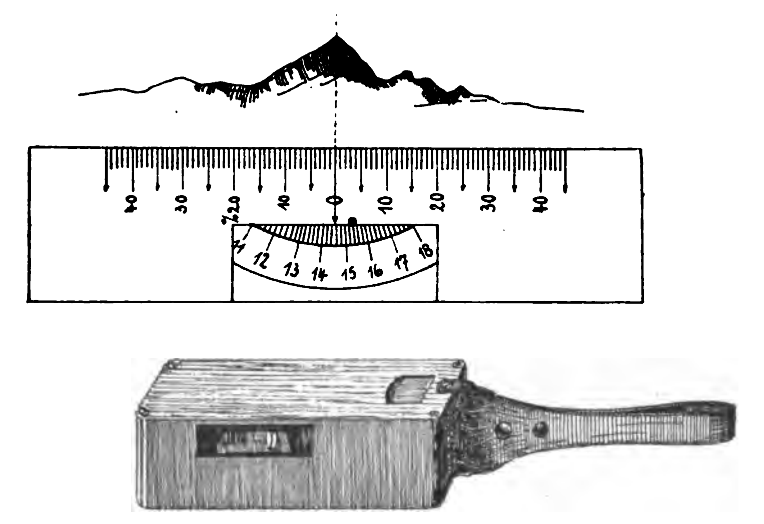


Fig. 56. Universal-Sitometer. Ansicht zur Benutzung für das Festlegen sichtbarer Orte (Bergspitzen usw.), des eigenen Standpunktes, für die Erstellung topographischer Skizzen usw.

Dazu gehört der Kartentransporteur von E. F. Büchi aus durchsichtigem Material, der dieselbe Kreisteilung in 2 × 32 enthält (Fig. 57). Er wird analog stets so auf die Landkarte gelegt, daß die 0-Linie mit der Nordsüdrichtung der Karte übereinstimmt. Er trägt in der Mitte einen Faden, mit welchem man die Strahlen des Transporteurs sowie Zwischenlinien verlängern kann. Der Transporteur weist überdies am Rande Zentimetereinteilung auf zur Distanzmessung auf der Karte, was bei der Höhenmessung (2) gebraucht wurde.

4. Festlegen der sichtbaren Orte, besonders der Berge, aber auch von Hütten, Waldgrenzen usw. usw. (Fig. 56).

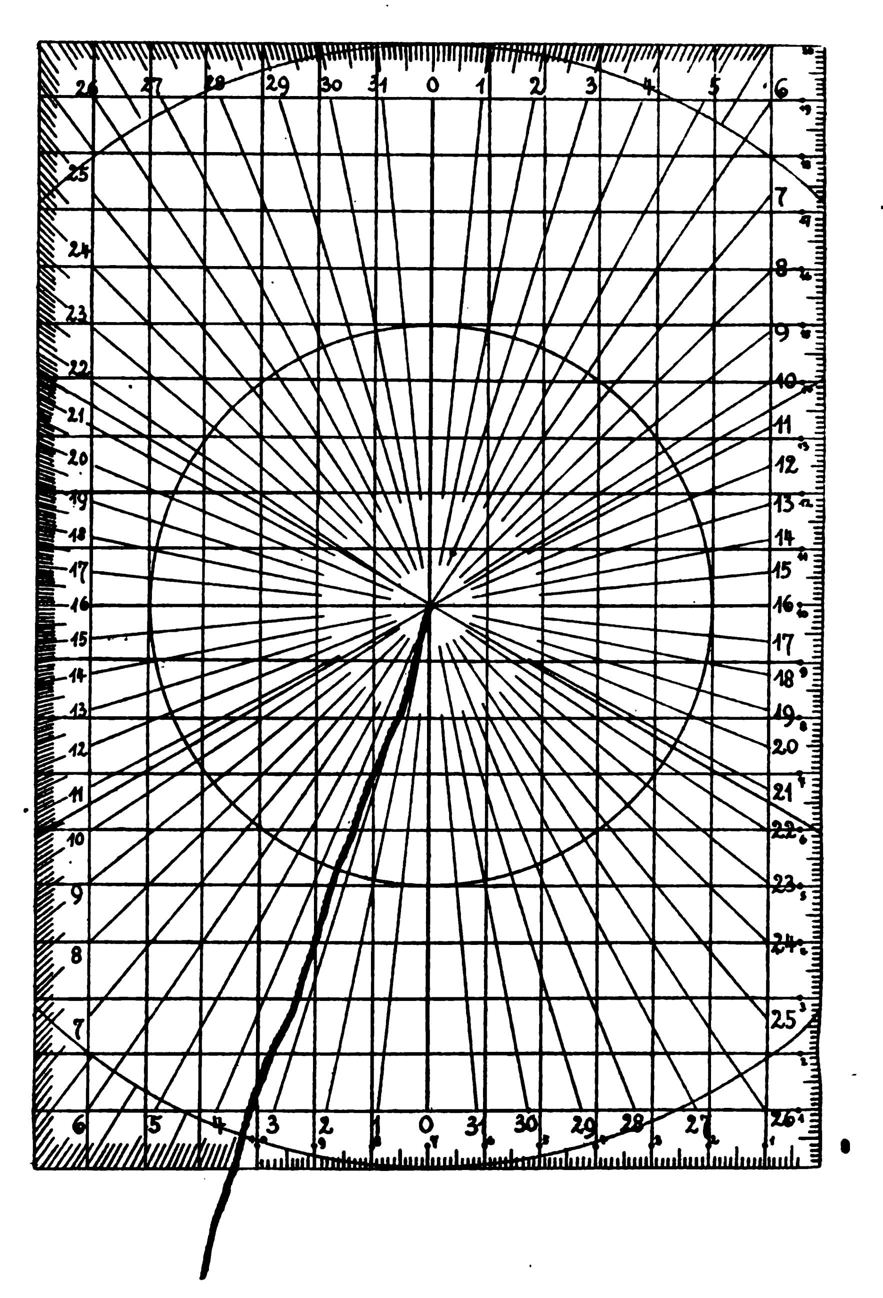


Fig. 57. Kartentransporteur zum Sitometer

Diese Verwendung macht den Apparat wichtig nicht nur für den Naturwissenschaftler, sondern für jeden Touristen, da es doch wohl jedem vorkommt, daß er die Berge einer Aussicht nicht gleich sicher alle benennen kann.

Man visiert im wagrecht gehaltenen Apparat gegen der Berg oder was es sonst sein soll, so daß die 0 der Skala in die Senkrechte des Gipfels fällt, läßt den Kompass spielen. Man halte den Apparat wagrecht, denn der Kompaß spielt nicht, wenn man ihn schief aufwärts gegen die Bergspitze richtet. Sodann liest man die Zahl ab, welche unter die 0 der festen Skala zu stehen kommt. Man legt den Transporteur so auf die Karte, daß der Mittelpunkt auf den Standort des Beobachters zu liegen kommt, dann weist der Strahl mit der abgelesenen Zahl, den man mit dem Faden verlängert, direkt auf den beobachteten Berggipfel hin. Auf diese Weise hat man sich in kurzer Zeit über alles Sichtbare, das auf der Karte festgelegt ist, orientiert.

5. Festlegung des eigenen Standpunktes.

Ist der eigene Standort auf der Karte nicht genau bekannt und will man ihn als Pflanzenfundstelle einzeichnen oder überhaupt zur eigenen Orientierung kennen, so visiert man einen bekannten Punkt an und liest die Kompaßzahl ab (Fig. 56). Als Visierpunkte sind im Tal und Flachland Kirchtürme besonders günstig, im Gebirge Bergspitzen oder dgl. Man legt den Mittelpunkt des Transporteurs auf der Karte auf die betreffende Bergspitze, dann befindet sich der gesuchte Standort auf dem Strahl der abgelesenen Zahl. Führt man dasselbe mit einem zweiten Punkt aus, dessen Richtung womöglich ungefähr senkrecht zu der des ersten Punktes liegt, so befindet man sich am Schnittpunkt der beiden Strahlen. Kennt man die Höhe des eigenen Standpunktes oder liegt dieser an einem bekannten Fluß, Grat, Weg oder dgl., so genügt in der Regel eine Richtungsbestimmung zur Festlegung des Standpunktes. Bei größerer Entfernung der Visierpunkte bestimmt man zweckmäßigerweise immer mehrere Richtungen.

6. Erstellung einer topographischen Skizze.

Von einem Punkt mißt man die Kompaßzahlen nach einer Reihe von Punkten, die man auf der Skizze haben will (Bäume, Häuser usw.) und zeichnet auf das Papier die zu den abgelesenen Zahlen gehörigen Strahlen mit dem Transporteur auf. Hierauf mißt man eine Grundlinie zu einem zweiten Punkt ab und visiert von dort dieselben Gegenstände an, zeichnet auch diese Strahlen

ein. An den Schnittpunkten der Strahlen von den Beobachtungspunkten zu dem betreffenden Gegenstand ist dieser einzuzeichnen. So erhält man eine Skizze der Landschaft in richtigen Proportionen.

Der Apparat hat noch weitere Anwendungsmöglichkeiten, Gehen in Nebel und Dunkelheit, Messen von Horizontaldistanzen in der Ferne usw., die nicht näher dargelegt zu werden brauchen; da sie nicht geobotanischer Natur sind und sich auch von selbst ergeben, wenn man einmal mit den Hauptanwendungen bekannt ist.

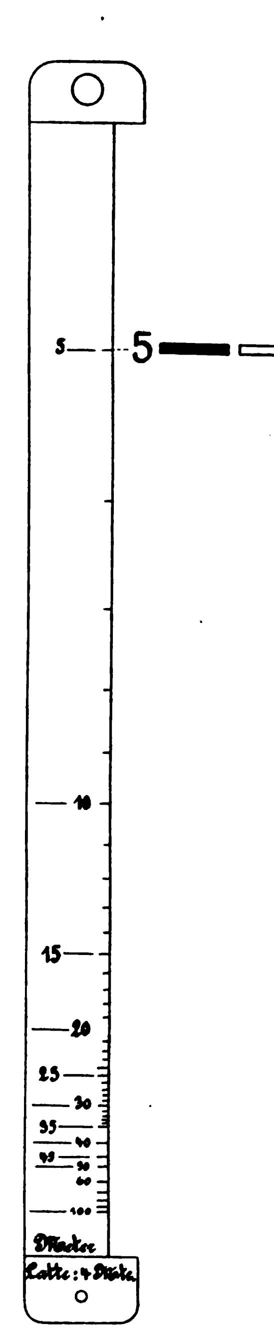


Fig. 58. Baumhöhenmesser Christen

Baumhöhenmesser „Christen"

Im Anschluß an das Sitometer mit dem man auch Baumhöhen mißt, sei der von Oberförster T. Christen erfundene Baumhöhenmesser[1]) erwähnt, der den Vorteil hat, daß man keine Grundlinie abmessen muß, sondern sich in fast beliebigem Abstand vom Baum aufstellen kann. Dagegen braucht man eine 4 m lange Latte. Der Höhenmesser besteht aus einem Messing-Maßstab (Fig. 58), an welchem eine Strecke von 30 cm zwischen beiden Vorsprüngen eine besonders berechnete Einteilung in Form feiner Einschnitte trägt. Man hält den Maßstab senkrecht hängend so vor sich hin, daß man den zu messenden Baum genau zwischen die Vorsprünge des Instrumentes bekommt, also die Visierlinie vom Auge zur Baumspitze am oberen Meßende durchgeht, die Visierlinie zum Baumfuß am unteren Meßende. Da, wo die Visierlinie zum oberen Ende der Viermeterlatte, die man

[1]) Zu beziehen bei A. Streit, Mathematisch-physikalische Werkstätte, Seilerstraße 9, Bern.

am Baum aufgestellt hat, das Instrument trifft, liest man direkt die Höhe des Baumes ab.

Trechometer

Clements[1]) hat einen Ablaufmesser erdacht, den er Trechometer nennt (von trecho, ablaufen). Eine Metallschale von $7^1/_2 \times 10 \times 30$ cm hat unten an der vorderen Längsseite eine ($^1/_4$ inch) etwa 6 mm breite verschließbare Öffnung. Drei je (1 Fuß) 30 cm lange Metallstreifen sind so an der Schale befestigt, daß sie vor der Schale einen Quadratfuß Boden umfassen (Fig. 59).

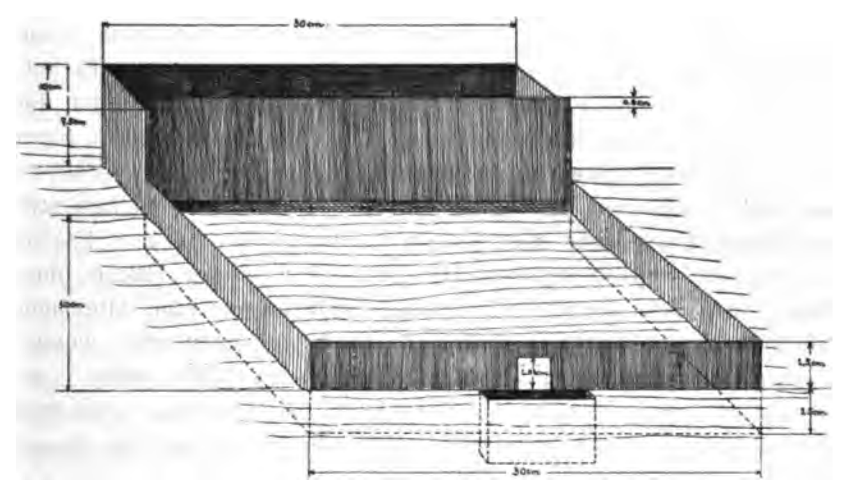


Fig. 59. Trechometer

Der vordere Streifen hat einen Auslauf von 1 Quadratinch (2,54 cm im Quadrat), unter den man ein Meßglas stellt. Die (2 inch) 5 cm breiten Metallstreifen werden zur Hälfte, also 2,5 cm in den Boden hineingedrückt. Die Schale ist mit einer bestimmten Menge Wasser gefüllt. Dann öffnet man den Schlitz, das Wasser läuft über den Boden des Quadratfußes. Die Erde saugt auf, was sie kann und am Ende des Quadratfußes sammelt sich das nicht aufgesogene Wasser, also das Ablaufwasser und läßt sich direkt in Prozenten des verwendeten Wassers ausdrücken. Wieweit diese Methode ein Bild der Trennung des Niederschlages in Ablaufwasser und benutztes Wasser geben kann, bleibt noch auszuprobieren.

[1]) Clements, Research methods in ecology. Lincoln 1905, S. 84.

15. Die Ersetzbarkeit der ökologischen Faktoren

151. Wichtigkeit der Ersetzbarkeit

Nachdem jeder einzelne Faktor und seine Messung besprochen ist, muß erneut darauf hingewiesen werden, daß auf die Pflanze eine Gesamtwirkung von Faktoren sich geltend macht, daß man bei der Messung des einzelnen Faktors stets die Wirkung der anderen im Auge behalten muß. Es haben die gemessenen Zahlen nicht eine absolute, sondern nur eine relative, durch die anderen Faktoren in ihrer Wertung beeinflußte Bedeutung.

An dieser Stelle sei an das Gesetz des Minimums erinnert[1]). Jeder Faktor kann nur dann seine Wirkung voll ausüben, wenn andere Faktoren in genügendem Ausmaß auch einwirken. Es entscheidet also der, welcher im Minimum vorhanden ist. Ist der Boden noch so nährstoffreich, so nützen diese Stoffe nichts, wenn die nötige Feuchtigkeit fehlt, oder umgekehrt: trotz allen Wassers und aller Sonne kann die Pflanze ohne Nährstoff nicht gedeihen usw. In diesem Falle kann man den im Minimum vorhandenen Faktor als den wichtigsten bezeichnen. Hier ist es dieser Faktor, dort jener, anderswo ein dritter, vierter. Wir sehen, eine allgemein durchführbare Einteilung darf sich nicht auf einen oder wenige Faktoren stützen. Der einzelne Faktor wirkt aber zudem sehr verschieden, je nachdem er von anderen begleitet ist. Absolute Zahlenwerte über einen Faktor sagen sehr wenig aus, da dessen Wirkung sehr ungleich ist, sie ist relativ, sie ist abhängig von anderen; die Wertung ihrer Bedeutung ist beeinflußt durch andere Faktoren. 50 cm Niederschlag wirken in Irland hygromorph, in Algier xeromorph. Durch die Wärme ist der Faktor Feuchtigkeit in seiner Wirkung beeinflußt. Die verbundene Wirkung von Faktoren fällt stets wesentlich anders aus, als die einzelne eines Faktors andeutet.

Man muß daher stets untersuchen, ob der gerade in Betrachtung stehende Faktor nicht durch andere eine Modifikation erfährt, ob er nicht ganz oder zum Teil durch andere ersetzt ist.

---

[1]) Siehe z. B. das Gesetz des Minimums in: H. Brockmann-Jerosch, Baumgrenze und Klimacharakter. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 6, hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, Zürich 1919.

Diese Ersetzbarkeit ist von großer Wichtigkeit. Sie gestattet einer Vegetation das Fortkommen an Stellen, wo verschiedene Faktoren gewechselt haben, sie ermöglicht die Ausbreitung von Pflanzengesellschaften, das Wandern von Pflanzenarten. Für uns erschwert sie aber die Charakterisierung der Vegetation, da man unwillkürlich dazu wieder den einzelnen Faktor benützt, den einen stärker hervorhebt als den anderen. Dadurch wird z. B. diese andere Stelle ganz anders beurteilt, je nachdem man die gleichgebliebenen Faktoren oder die veränderten Faktoren in den Vordergrund stellt.

Eine weitere Komplikation tritt dadurch ein, daß die Pflanze gegenüber den Einflüssen nicht etwas passives ist, sondern auch aktiv darauf reagiert; ferner dadurch, daß wir es teilweise mit stenözischen Pflanzen, die ziemlich genaue Bedingungen an ihren Standort stellen, zu tun haben, teilweise aber auch mit euryözischen, die betreffend Standort nicht sehr wählerisch sind.

Sie werden sagen, die Ersetzbarkeit ist ja selbstverständlich, die ist doch jedermann klar. Theoretisch ja, praktisch nicht, denn sie wird immer wieder vernachlässigt, und es ist noch viel zu wenig eindringlich auf die Möglichkeiten der Ersetzbarkeit hingewiesen worden und auf die Konsequenzen, die sich daraus ergeben. Meist wird die Vegetation klimatisch gegliedert und dabei zu wenig berücksichtigt, daß edaphische Faktoren stark verändernd wirken und das klimatische Bild verschieben. Um dem zu entgehen, hat z. B. Schimper neben seiner schönen klimatischen Gliederung eine Anzahl Pflanzengesellschaften beiseite gelegt als edaphisch bedingt, diese paßten eben nicht mehr hinein. Gräbner teilt seine Pflanzengesellschaften nach dem Nährstoffgehalt ein, aber viele Pflanzengesellschaften sind in viel höherem Maße von Wärme u. a. abhängig und kommen durch die nährstoffliche Betrachtung mit solchen, die mit ihnen sehr wenig verwandt sind, in nähere, wohl eigentlich nicht berechtigte Beziehung usw. Wieder andere Forscher stellen die edaphischen Wirkungen so stark in den Vordergrund, daß schöne klimatische Zusammenhänge verloren gehen. Ich erinnere z. B. daran, wie in England im Westen ein ausgesprochen ozeanisches Klima herrscht, im Osten dagegen ein sehr wesentlich davon verschiedenes, das als Gegensatz fast kontinental anmutet, gegenüber dem kontinentaleren Osteuropa aber als ein mittleres zu bezeichnen ist. Für dieses mittlere Klima ist der Buchenwald in ganz Mitteleuropa sehr bezeichnend, er meidet die kontinentaleren Gegenden

wie die zentralalpinen Föhrentäler oder gar die östlichen Eichen- und Steppengebiete, er meidet aber auch die allzustark ozeanischen westeuropäischen Gegenden. Dieses schöne Verhältnis kommt aber gar nicht zur Erkenntnis, wenn man neben der bedeutsamen Charakteristik der Wälder nach dem Boden (Buchenwald auf Kreideboden, Stieleichenwald auf Ton- und Lehmböden, trockener Eichenwald auf Sandboden, Eschenwald auf Kalksteinboden) diese klimatischen Gegensätze nicht in Betracht zieht, wie es in früheren Veröffentlichungen öfters geschah. Man verstehe mich recht, ich habe gar nichts dagegen, daß die Wälder in bezug auf die Böden gründlich untersucht werden, nur möchte ich wünschen, daß die anderen Faktoren daneben nicht vernachlässigt werden und besonders, daß das gegenseitige Verhältnis der Faktoren, ihre Wechselwirkung, also ihre Ersetzbarkeit ausgiebiger berücksichtigt werde. Das wird uns gewiß noch zu schönen Erkenntnisresultaten führen.

Es sei z. B. auf folgendes hingewiesen. Die einzelnen Faktoren sind selber nichts einfaches, sie üben meist eine zusammengesetzte Wirkung aus. Der Wind z. B. wirkt mechanisch auf die Pflanze, zugleich aber auch Feuchtigkeit entführend. So ist es auch bei anderen. Man sollte aber mit der Zeit dazu kommen können, die eigentlichen grundlegenden Elementarfaktoren, die auf die Pflanzen am Standort wirken, erkennen, beobachten und untersuchen zu lernen. Auch dazu ist das Studium der Ersetzbarkeit wichtig. Daher will ich auf die Ersatzmöglichkeiten näher eingehen und ausführen, wie und in welchem Maße einzelne Faktoren sich ergänzen und ersetzen können.

152. Ersatzmöglichkeiten

Wir unterscheiden im allgemeinen drei große Klassen von Faktoren: die klimatischen Faktoren, die edaphischen Faktoren, die biotischen Faktoren. Danach wollen wir die zu besprechenden Beispiele gruppieren. Jeder Faktor kann mit Faktoren derselben und der anderen Gruppen in Beziehung gesetzt werden. Das ergäbe neun Ersetzbarkeitsgruppen, die sich aber zu sechs zusammenziehen lassen, da es gleichgültig ist, welchen Faktor ich als den zu ersetzenden und welchen als den ersetzten betrachte, ob ich den edaphisch wirkenden Kalkhügel mit verwandtem Standort im mediterranen Klima vergleiche, also den edaphischen Faktor durch den klimatischen ersetze, oder ob ich vom Mediterranstandort ausgehend

damit den Kalkhügel vergleiche, also den klimatischen Faktor durch den edaphischen ersetze.

Die zu betrachtenden sechs Gruppen sind demnach:

Ersetzung:

1. klimatischer Faktoren durch andere klimatische,
2. edaphischer Faktoren durch andere edaphische,
3. biotischer Faktoren durch andere biotische,
4. klimatischer Faktoren durch edaphische und edaphischer durch klimatische,
5. klimatischer Faktoren durch biotische und biotischer durch klimatische,
6. edaphischer Faktoren durch biotische und biotischer durch edaphische.

1. Auswechselbarkeit und Ersetzung klimatischer Faktoren durch andere klimatische

Niederschlag kann ersetzt werden durch Luftfeuchtigkeit oder Nebel. Wüstengebiete in der Nähe von Küsten, die in Form von Niederschlägen fast keine Feuchtigkeit erhalten, tragen oft eine Vegetation, die durch Nebel ermöglicht ist. Im regenlosen Küstenstrich im nördlichen Chile und in Peru stellen sich im Winter dichte nässende Nebel ein, die einer Grasvegetation das Fortkommen ermöglichen. Von Deutsch-Südwestafrika berichtet Schinz aus der Wüste Namib, daß am Morgen die Kleider vom Nebel ganz durchnäßt waren, und der lockere Sand 4 cm tief durchfeuchtet war.

Hierher zu zählen sind besonders auch die Nebelwälder von Sequoia sempervirens, z. B. in Kalifornien. In niederschlagsarmen Gebieten bei uns finden wir den Buchenwald in besonderen Nebelgürteln angeordnet, wie wir es von Gams am Walliser Rhoneknie kennen und von anderen Orten. Während der Niederschlag besonders den Boden durchfeuchtet, netzt der Nebel mehr die oberirdischen Pflanzenteile und die Bodenoberfläche. Der Niederschlag bietet sein Wasser mehr der Aufnahme durch die Pflanze, der Nebel mehr durch Verdunstungshemmung. Die Einzelheiten des Ersatzes müssen noch studiert werden.

Es braucht aber nicht direkt Nebel zu sein; erhöhte Luftfeuchtigkeit, die noch nicht zur Tröpfchenbildung übergegangen ist, wirkt auf dieselbe Art. Großbritannien hat absolut genommen

in großen Teilen des Landes eine geringe Niederschlagshöhe, aber die Luftfeuchtigkeit dieses im ganzen ozeanischen Gebietes ersetzt die Niederschläge, indem sie die Transpiration der Pflanzen herabsetzt. Die geringe Wärme wirkt noch im selben Sinn. Es gedeiht dort bei 60—100 cm Niederschlag eine Waldvegetation, der wir nach dem Aussehen in schweizerischen Verhältnissen 110—150 cm und mehr Niederschlag zuschreiben würden. 60 cm Niederschlag entsprechen bei uns 2 × 60 oder gar 3 × 60 cm Niederschlag. In England geht die Niederschlags-Jahressumme hinunter bis zu $48^1/_2$ cm in Spurnhead an der Yorkshire-Küste, eine Größe, die man im allgemeinen als den Einöden zukommend betrachtet.

Die Exposition ersetzt auch die direkte Feuchtigkeit. An derselben Örtlichkeit werden bekanntlich durch Nordexposition und durch Südexposition ganz verschiedene Pflanzengesellschaften erzeugt. Die nordexponierten Pflanzen werden nicht so stark zur Transpiration angeregt. Nordlage bringt bei gleicher Niederschlagsmenge und bei ähnlicher absoluter Luftfeuchtigkeit eine Vegetation von größerem Feuchtigkeitsbedürfnis hervor als die Südlage. Die Südlage ihrerseits ersetzt Trockenheit, d. h. einen geringeren Luftfeuchtigkeitsgehalt.

Trotz hoher Niederschlagssummen und hoher Luftfeuchtigkeit kann die Vegetation welken, d. h. Mangel an Feuchtigkeit empfinden, wenn starke Luftbewegung herrscht. Wind kann austrocknend wirken wie geringe Luftfeuchtigkeit, es ersetzt sie also.

Der Wind ersetzt in diesem Sinne auch die Wärme, die ebenfalls austrocknend wirkt. Trockenheit wird durch Wärme oder Feuchtigkeit durch Kälte ersetzt.

Es wäre nun möglich, daß alle die besprochenen Fälle von Faktorenersatz sich zurückführen ließen auf die gleichen grundlegenden Elementarfaktoren; d. h. ob dieser oder jener Faktor wirke, für die Pflanzen käme nur als Resultat stets ähnliche relative Verdunstung in Betracht. Hier sind ausgiebige ökologische Studien nötig.

Ersatz von Wärme durch Licht. Wir kennen Pflanzen, die in der Ebene nicht in vollkommen freier Lage vorkommen, sondern stets im Schatten von Bäumen. Im Gebirge verlangen sie die freie Lage. Der Lichtgenuß steigt von der Ebene ins Gebirge, besonders das notwendige Minimum des Lichtgenusses. Überhaupt verlangen die Pflanzen in kühleren Gegenden einen größeren Lichtgenuß als in den warmen und zwar muß der absolute Lichtgenuß

größer sein, also die Zahl an Bunseneinheiten, z. B. 600 gegenüber 300; nicht nur etwa der relative Lichtgenuß, den man häufiger angegeben sieht: L = $^1/_2$, L = $^1/_4$, d. h. die Pflanze steht soweit im Schatten, daß sie die Hälfte, den Viertel des Lichtes genießt gegenüber der freien Lage der gleichen Örtlichkeit.

Man kann natürlich ebensogut umgekehrt sagen: der Lichtgenuß einer Pflanze im Gebirge kann beim Heruntersteigen in die Ebene durch Wärme ersetzt werden. Sagt man von einer Pflanze aus, sie bedürfe so und so viel Wärme — es ist dies ja eine der gewöhnlichen Vegetationseinteilungen: Jahrestemperatur über 20°, Jahrestemperatur 10—20° usw. — so ist hinzuzufügen, daß das jeweilen nur solange gilt, als so und so viel Licht ergänzend hinzukommt.

Der Roggen[1]) reift in Findelen im Wallis bei 2100 m rascher als in Zürich. Die Jahrestemperatur ist oben viel geringer: diese ist jedoch im Schatten gemessen, in der Sonne des Roggenfeldes kann es ganz anders sein. Ist die wirkliche Sonnenwärme oben größer als unten oder umgekehrt? Wenn sie unten größer ist, so ist oben ein Teil durch Licht ersetzt; beruht dieser Ersatz auf dem Gesamtlicht oder in vermehrtem Maße auf dem in der Höhe besonders verstärkten direkten Licht? Dieser Ersatz von Wärme und Licht bietet interessante Studienprobleme, die noch nicht gelöst sind, besonders weil die Sonnentemperaturmessungen und die Lichtmessungen noch viel zu wenig ausgedehnt sind.

Es läßt sich fragen, ob in Findelen die raschere Reife des Roggens nur auf intensiverer strahlender Wärme beruht und nicht auf Mithilfe, d. h. Ersatz durch das intensivere Licht.

Die Reben in Visperterminen brauchen nach Schröter zur Reife 1200° Temperatursumme, in Zürich 2500°. Wird die Differenz von 1300° nun durch Licht ersetzt oder durch beides oder auch noch durch andere Faktoren? Es ist also nur klar, daß ersetzt worden ist, diese Faktorenauswechselung verlangt dringend nach genauer Untersuchung.

Aber ein schönes und klares Beispiel für wirklichen Ersatz von Licht und Wärme besitzen wir schon in den Messungen in Höhlen von L. Lämmermayr[2]). Aus diesem Beispiel sei daher

[1]) C. Schröter, Das Pflanzenleben der Alpen. Eine Schilderung der Hochgebirgsflora. Zürich 1904—08, S. 12.

[2]) L. Lämmermayr, Können Licht und Wärme — als ökologische Faktoren — im Leben der grünen Pflanzen sich gegenseitig vertreten? Monatshefte, 11 1919, Leipzig, S. 26—31.

folgendes wörtlich angeführt: „Bei Obertraun, im Dachsteinstocke, liegen in 1560 m Höhe eine kalte und eine warme Höhle unmittelbar nebeneinander. Beide enthalten in ihrer Vegetation gemeinsame Elemente, darunter *Arabis alpina* und *Viola biflora*. Das Lichtgenußminimum beider Arten liegt aber in ersterer, der Dachstein-Eishöhle, mit + 5° C Innentemperatur, bei $^1/_{10}$, bei letzterer, dem Backofen, mit + 7,5° Innentemperatur, bei $^1/_{18}$! In der Hudalukna, einer südsteirischen, 500 m hoch gelegenen Höhle, geht *Chrysosplenium alternifolium*, bei einer Innentemperatur von + 8° C bis zu einer Lichtabschrägung von $^1/_{55}$ herab; in der 1350 m hoch gelegenen Schachthöhe des Wetterloches am Schöckel bei Graz dagegen (mit Eisbildung) rückt ihr Lichtgenußminimum, bei + 4° C Innentemperatur, auf $^1/_9$ hinauf! In dem in der Südwand des Ötschers (Niederösterreich) 1470 m hoch gelegenen „Geldloche" wird durch die niedrige Temperatur (+ 5° C) schon der vordersten Höhlenräume — bedingt durch die dauernde Anwesenheit großer Schnee- und Eimassen — trotz starker Beleuchtung (etwa $^1/_8$ des Gesamtlichtes) das Eindringen der vor dem Portal zahlreich siedelnden, durchweg sehr lichtbedürftigen Alpen-Blütenpflanzen überhaupt unmöglich gemacht, wogegen allerdings Moose bis zu einer Temperaturerniedrigung auf + 2° C und einem Absinken der Lichtstärke auf $^1/_{560}$ herab ins Innere eindringen! Dieses von mir festgestellte Hinaufrücken des Lichtgenußminimums in kalten, bezw. Herabgehen in den warmen Höhlen — für ein und dieselbe Art — wurde neuerdings auch von Zmuda an der grünen Vegetation der Höhlen der Tatra bestätigt. So fand er im Innern der hochtemperierten, gut beleuchteten Jaskinia Raptawicka (1300 m) das Minimum der Beleuchtung von *Arabis arenosa* mit $^1/_{71}$, von *Geranium Robertianum* mit $^1/_{370}$, wogegen in der 1270 m hoch gelegenen gleichfalls gut erhellten, aber ständig niedrigtemperierten Zimna Grota erstere Art schon bei einer Beleuchtungsabschwächung auf $^1/_{16}$, letztere bei $^1/_{28}$ ihre Grenze findet."

2. Auswechselbarkeit und Ersetzung edaphischer Faktoren durch andere edaphische.

Ein physikalisch lockerer Boden kann ersetzt werden durch einen kalkhaltigen Tonboden. Scheinbar ersetzt der chemische Stoff Kalzium die physikalische Lockerheit. Es beruht dies auf Zustandsänderungen der festen Dispersionen, also der Zerteilungen des Bodens, die vom groben Stein bis zum einzelnen

Molekül und Ion variieren, die ineinander gelöst sind, wenn man sich chemisch ausdrücken will, oder ineinander suspendiert sind, wenn man sich physikalisch ausdrückt. Man kann in diesen von den Kolloidchemikern bearbeiteten Grenzgebieten nicht mehr zwischen physikalisch und chemisch unterscheiden. Also in der festen Dispersion eines dichten Bodens erzeugt das zweiwertige Kalzium-Ion eine Koagulation, eine Zustandsänderung zur Vergröberung. Daneben wirkt der Kalk natürlich auch noch anders, er neutralisiert säurehaltigen Boden, er regt die Tätigkeit der Mikroorganismen an, er macht durch Basenaustausch Nährstoffe frei, aber eine Haupttätigkeit des Kalzium-Ions ist doch die Dispersitätsvergröberung des ganzen Systems und diese ersetzt in ihrer Wirkung auf die Pflanzen die Wirkung eines sonst lockeren Bodens. In diesem Fall scheint es klar zu sein, daß der Ersatz der Faktoren darauf beruht, daß durch beide derselbe grundlegende Reiz verursacht wird.

Ähnlich liegt der Fall beim Ersatz der physikalischen Trockenheit durch die physiologische Trockenheit. Die Wirkung ist in allen Fällen die Herabsetzung der Wurzeltätigkeit. ob der Reiz, den die Pflanze empfindet und der diese Herabsetzung bewirkt, gleich empfunden wird, bleibe dahingestellt.

Bei der physiologischen Trockenheit ist genug Wasser vorhanden, aber es scheint der Pflanze aus besonderen Gründen nicht zugänglich zu sein, diese Gründe können physikalischer oder chemischer Natur sein. Ein solcher letzterer Art ist der Salzgehalt.

Kochsalzgehalt des Bodenwassers scheint die Lösung für die Pflanze schwer aufnehmbar zu machen. Die Pflanzen der Salzböden, die sog. Salzpflanzen, zeigen einen fleischigen Bau, geringe Blattentwicklung, kurz Anpassungen an Trockenheit, trotzdem der Boden ein Sumpf sein kann.

Kalter Boden wird als physiologisch trocken bezeichnet. Im kalten Boden ist die Temperatur des Wassers gering und man nimmt an, daß mit dem Abnehmen der Bodenwassertemperatur es der Pflanze immer schwerer wird, das Wasser aufzunehmen, bis zu einem Schwellenwert, unter welchem eine Wasseraufnahme nicht mehr möglich ist. Die Kälte des Bodenwassers ersetzt Trockenheit. Zum gleichen Fall dürfte die vermutete physiologische Trockenheit der Hochmoore gehören. Es wurde meist angenommen, daß der sog. „saure Humus“, also die absorptiv ungesättigten Kolloide, die Wirkung hätten, daß die großen Wassermassen den

Pflanzen nicht zugänglich seien, daß also diese Kolloide die Trockenheit ersetzen. Nach Dachnowski (Columbus, Ohio, U. S. A.) sollten es nicht die Kolloide, sondern von den Pflanzen selber ausgeschiedene Toxine sein, die das Bodenwasser in diesem Sinne vergiften, daß es nicht mehr für die Pflanze benutzbar ist. Nach den schönen Forschungen von Camill Montfort[1]) ist es aber lediglich die Kälte des Wassers. Er zeigt, daß die meisten Hochmoorpflanzen hygromorph sind. Von den xeromorphen ist ein Teil nicht für das Hochmoor charakteristisch (Heide- und Waldpflanzen), sie zeigen auf anderen Standorten denselben Bau, ein anderer Teil ist immergrün und benötigt die xeromorphen Anpassungen für die Überdauerung des Winters (*Oxycoccus, Andromeda*). Die typischen Xeromorphen, die noch bleiben, so *Eriophorum vaginatum* und *Trichophorum caespitosum* sind Frühblüher, sie haben also mit Transpiration verbundenes Wachstum zu einer Zeit, in der die Wurzelgegend sehr kalt ist. Schröter und Weber weisen auf das lange Anhalten des winterlichen Eises im Hochmoorboden hin. Nach diesen Ausführungen beruht die Xeromorphie von Hochmoorpflanzen also auf Ersatz der Trockenheit durch Kälte.

Auf einen andern Faktor sei nur kurz hingewiesen. Auch die Sauerstoffarmut wirkt nach Hesselman, Yapp u. a. herabdrückend auf die Wurzeltätigkeit, ersetzen also darin die physikalische Trockenheit.

3. Auswechselbarkeit und Ersetzung biotischer Faktoren durch andere biotische

Verschiedene Wirkung des Wettbewerbs der Pflanzen untereinander kann ersetzt werden durch entsprechende Eingriffe durch Tiere oder durch den Menschen. Der einfachste Fall ist wohl, daß das Wuchern der einen Pflanzen und das daraus hervorgehende Vertreiben anderer durch den Menschen hervorgerufen wird mit Anpflanzen der einen und Ausjäten der andern. Der Dünger der Tiere, der wilden wie der zahmen, ersetzt den Wettbewerb der Pflanzen unter sich, indem er die einen zuungunsten der anderen gedeihen läßt.

---

[1]) Camill Montfort, Die Xeromorphie der Hochmoorpflanzen als Voraussetzung der physiologischen Trockenheit der Hochmoore. Diss. Bonn und Zeitschrift für Bot. 10, 1918, Heft 5/6, Jena.

Die Unfähigkeit zum Wettbewerb auf gutem Boden ersetzt *Pinus montana* und *Calluna* durch ihre Anspruchslosigkeit an den Boden.

Einen hübschen Fall, wie die menschliche Tätigkeit, welche die Brache erzeugt, durch Pflanzentätigkeit ersetzt werden kann, berichten Shantz und Piemeisel[1]. Sie beobachteten in Colorado Hexenringe von Pilzen in der Kurzgrasvegetation jener „Great Plains". Die Pilzringe wandern von innen nach außen, den Ring vergrößernd und töten die ursprüngliche Vegetation vollständig. Die Pilze erzeugen eine Brache des Bodens, auf der dann nach den Untersuchungen der Verfasser eine ganz ähnliche Sukzession auftritt wie auf verlassenem gepflügtem Land und auf verlassenen Straßen[2]), die Shantz früher untersuchte. Auf dem durch die Pilze vegetationslos gemachten Boden folgt wie bei der Brache ein Stadium vorherrschender Unkräuter, dann Vorherrschen von perennen Kräutern und zuletzt Wiederherstellung des Kurzgrasrasens mit Dominieren von *Bouteloua oligostachya* und *Bulbilis dactyloides*.

4. Auswechselbarkeit und Ersetzung klimatischer Faktoren durch edaphische und edaphischer Faktoren durch klimatische[3])

Nach dem Ersatz der Faktoren durch solche der gleichen Gruppe kommen nun die weit wichtigeren Auswechselungen zwischen Faktoren verschiedener Gruppen und unter diesen besonders wichtig die vorliegende Abteilung an die Reihe. Das Wesen der Pflanzengesellschaften wird besonders viel auf das Standortsklima begründet. Wenn die Ersatzmöglichkeit durch Bodenfaktoren nicht berücksichtigt wird, gelangt man oft zu schiefen Beurteilungen, und umgekehrt, wenn in einzelnen Ländern die Pflanzengesellschaften auf die Bodeneigenschaften begründet werden, ergibt diese Außerachtlassung der klimatisch ersetzbaren Faktoren wiederum Ungenauigkeiten in der Beurteilung der Pflanzengesellschaften.

---

[1]) H. L. Shantz und R. L. Piemeisel, Fungus fairy rings in Eastern Colorado and their effect on vegetation. Journ. of agric. Research. 11. No. 5, 1917, S. 191—245.

[2]) Man denke nicht an gebaute Straßen; es sind die Wege, auf denen ohne jegliche menschliche Bereitung der Fahrverkehr über diese unendlichen Hartwiesen stattfindet.

[3]) Beispiele auch in Braun, Cevennen S. 82; Zitat siehe unter Gesellschaftstreue.

Trockene Kalkhügel im mitteleuropäischen Vegetationsgebiet, besonders in Südexposition, zeigen eine Flora und Vegetation, die infolge der Trockenheit des Bodens und der starken Erwärmung viel südlicher und kontinentaler anmuten. Diese Örtlichkeiten können als mediterrane oder pontische Inseln bezeichnet werden. Der trockene Boden ist zugleich warm, dieser Boden ersetzt die trockene Wärme des mittelländischen Klimas.

Läßt sich durch diese trockene Wärme das südliche Klima im Norden edaphisch bewirken, so kann umgekehrt das kühlende Naß im Boden die nordische gemäßigte Vegetation im südlich heißen Klima gedeihen lassen. Die heiße Gegend erhält einen kühlfeuchteren Anstrich. Durch das Mittelmeergebiet bis weit in die Einöden hinein behält die Vegetation der Wasserläufe einen nördlichen mitteleuropäischen Charakter. Längs der Flüsse sind Falllaubgehölze vorhanden. Ich erinnere z. B. an die Pappelgehölze im Mittelmeergebiet bis hinein in den großen Atlas. Noch in Beni Ounif gedeihen diese Pappeln vortrefflich. Synökologisch gesprochen gehören diese Fallaubgehölze der Wüsten mit den mitteleuropäischen Fallaubgehölzen zusammen, wenn sie auch geographisch in verschiedenen Generalklimaten stehen.

Das Wasser, das eine so hohe spezifische Wärme aufweist, wirkt ja überhaupt in sehr starkem Maße ausgleichend. Nicht umsonst sind die Wasserpflanzen die auf der Erde am weitest verbreiteten, da sie sich am ehesten vom Klima mehr oder weniger unabhängig machen können, mit andern Worten, das edaphische Wasser ersetzt verschiedene klimatische Faktoren. In heißen Gegenden wirkt das Wasser abkühlend, es ersetzt also die geringeren Temperaturgrade, in kühlen Gegenden speichert es Wärme im Sommer, es ersetzt höhere Temperaturgrade in anderen Jahreszeiten, ersetzt also Wärme.

Eine ähnliche ausgleichende Wirkung gegenüber der Feuchtigkeit besitzt Sandboden. In feuchter Gegend wirkt der Sand als Trockenheitsfaktor; ich erinnere daran, daß die Spargelkulturen, die im nassen Boden zu Grunde gehen, in unserm feuchten Klima am besten im Sandboden gedeihen. Dagegen bedeutet der Sandboden in trockenen Gebieten einen feuchten Standort. In den nordamerikanischen „Great Plains", westlich und trockener als die eigentlichen Prärien, herrscht die Kurzgrasvegetation der *Bouteloua oligostachya.* Sandgebiete jener Gegend werden von dem mehr Feuchtigkeit fordernden Drahtgras *Aristida longiseta* dominiert.

Die ausgleichende Wirkung des Wassers beschränkt sich aber nicht nur auf den Wärmefaktor, sondern greift auf mehrere Faktoren über, es ersetzt in gewissem Grade den ganzen Komplex des ozeanischen Klimacharakters. Das Röhricht, der Phragmites-Bestand, ist eine Pflanzengesellschaft des Süß-, wie des Salzwassers. Wir finden es in unsern Seen, im Osten an der rumänischen Donau, an der Wolga, im Kaspischen Meer in großen Mengen in ziemlich tiefem Wasser als typische emerse Sumpfvegetation. Es bildet einen Gürtel, der ziemlich tief ins Wasser hineinreicht. Dieses Wasser wird in Irland ersetzt durch das feuchtkühle ozeanische Klima. Das Röhricht benötigt dort nicht mehr das mehr oder weniger tiefe Wasser, sondern geht auf einen relativ trockenen Boden über. Wir trafen *Phragmites* und *Lythrum salicaria* nicht selten in Kartoffeläckern, deren Anlegung mit Nutzen doch nur bei einer gewissen Trockenheit des Bodens möglich ist.

Ein tiefgründiger Boden wirkt schon viel kühlfeuchter als ein flachgründiger, er kann sich nicht so rasch erwärmen und abkühlen, nicht so rasch austrocknen. Die Temperaturwechsel dringen nur langsam und sehr vermindert ein, wie dies bei den Messungen mit Bodenthermometern ersichtlich ist. Der Wassergehalt kann naturgemäß auch nicht so rasch wechseln. Die Tiefgründigkeit hat also auch etwas ausgleichendes. Der edaphische Faktor wirkt im selben Sinne wie der klimatische Faktorenkomplex der Ozeanität, er ersetzt zu einem kleinen Teil ein ozeanisches Klima; ebenso wirkt der edaphische Faktor der Flachgründigkeit im Sinne des kontinentalen Klimacharakters.

Noch ein weiteres Beispiel des Ersatzes des ozeanischen Klimas sei angeführt. In Nordwesteuropa, nördlich der Baumgrenze, verhindert das kaltozeanische Klima den Baumwuchs, in kontinentalen Gegenden bestehen die größten Wälder bei großen Kältegraden. Dieses kaltozeanische Klima erzeugt Wiesenvegetation. An den Flüssen gemäßigter Gegenden kommt es vor, daß die Ufer im Frühjahr stets etwas überschwemmt werden. Die Eisschollen, die flußabwärts treiben, zerschinden mit ihren scharfen Kanten, was sich ihnen in den Weg stellt, also speziell verholzende Vegetation. An diesen Stellen kann sich eine Gehölzvegetation nicht ansiedeln, es bilden sich Wiesen. Die mechanische Wirkung des Eises hat dasselbe erreicht wie das kaltozeanische Klima, hat dieses also ersetzt.

Nicht nur ein einzelner erkennbarer Faktor wird ersetzt, sondern auch nicht näher bestimmte Teile des Gesamtklimas. Wenn

das Klima nicht mehr ganz genügt zum Fortkommen einer Art oder Gesellschaft, so kann ein Teil edaphisch ersetzt werden. Es ist dies die bekannte Tatsache, daß Pflanzenarten im Zentrum ihres Vorkommens, wo ihnen das Klima durchaus genehm ist, auf allen Böden wachsen, also indifferent genannt werden, dagegen in den Randgebieten ihrer Verbreitung bodenstet werden, d. h. edaphisch wählerisch. Z. B. verlange eine Pflanze bei uns Kalk, im Zentrum ihres Vorkommens geht sie auch auf Urgestein. Als Beispiel einer Gesellschaft sei der Buchenwald erwähnt; bei uns haben wir auf allen Böden Buchenwald, da ein ausgesprochenes Buchenklima herrscht. In England, dem nordwestlichen Randgebiet des Buchenwaldes treffen wir ihn sozusagen ausschließlich auf den Kreidekalken. Wenn man diese Ersetzbarkeit nicht berücksichtigt, kommt man dazu, von der Kreideformation als einer natürlich abgegrenzten Pflanzengesellschaft zu sprechen; ein Vergleich mit den Buchenwäldern des Kontinents ist dann nicht möglich. Die britische Kreideformation ist nur solange eine Formation, als man nicht die Bedingungen der Vegetation, in diesem Falle des Buchenwaldes, in den Vordergrund stellt, sondern die topographisch-politische Einheit und deren Boden. Wenn man eine Landesgegend monographisch bearbeitet, wird man leicht dazu verführt, die Pflanzengesellschaften so zu charakterisieren und einzuteilen, daß die behandelte Gegend den Normaltypus abgibt; der Leser aus einer andern Gegend wird dann nicht einverstanden sein und die Polemik ist da. Man muß daher weiter schauen, vergleichende Gesellschaftslehre treiben und die nötigen Grundreize trennen, die durch verschiedene Faktorenkombinationen erreicht werden.

5. Auswechselbarkeit und Ersetzung klimatischer Faktoren durch biotische und biotischer Faktoren durch klimatische

Es kommt sehr häufig vor, daß der Mensch durch Eingriffe ein anderes Klima vortäuscht, d. h. durch seine Maßnahmen eine Vegetation erzeugt, die einem andern Klima entsprechen würde. Das kekannteste Beispiel ist wohl die Kultur südlicher Gewächse. Wie viele Gewächse werden bei uns kultiviert, die in viel südlicheren Gebieten bis in die Tropen zu Hause sind. Das tropische Klima ersetzen wir durch Heizung in unsern Warmhäusern, also durch einen eminent anthropogenen Faktor. Dazu gehört natürlich auch noch das häufige Begießen. Ganz im großen werden in ariden

Gebieten tropische und subtropische Gewächse mit großen Feuchtigkeitsansprüchen gezogen, indem man Bewässerungsanlagen errichtet. Man ersetzt das klimatisch fehlende Wasser durch solches, das künstlich anthropogen zugeführt wird. Der Elementarfaktor, die Feuchtigkeit, bleibt dabei derselbe.

Das Fernhalten der Konkurrenz ist ein anthropogener Faktor, der manchen klimatischen und, wie nachher zu erörtern, manchen edaphischen Faktor ersetzen kann. Unsere Unkrautflora ist großenteils im mediterranen Klima und im Steppenklima zu Hause. Bei uns gedeiht sie überall, wo durch Ackern, Pflügen, Aufschütten, anthropogen Boden geschaffen wird, auf dem der Wettbewerb alteingesessener Vegetation noch nicht zur Geltung kommt. Wenn sich die anthropogene Einwirkung, das Fernhalten der Konkurrenz, nicht wiederholt, müssen die Unkräuter in wenigen Jahren wieder einheimischen, klimatisch bedingten Pflanzengesellschaften weichen. Ähnlich wie Äcker bieten auch Eisenbahndämme mit ihren kiesigen, trockenen, künstlich vegetationsarmen, sich stark erwärmenden Böden einen anthropogenen und edaphischen Ersatz für das Mittelmeerklima.

Von diesem Beispiel des Ersatzes eines südlichen Klimas wenden wir uns zu einem des Ersatzes eines nördlichen. Das kaltozeanische Klima der immergrünen Wiesen des Nordens und der alpinen Stufe der Alpen ist baumfeindlich und bedingt Wiesengesellschaften. Wir haben bei uns aber auch Wiesen im Waldklima von der Baumgrenze abwärts bis in die Tiefebenen. Sie sind zoogen und anthropogen bedingt durch Mähen und durch Weiden. Der Zahn des Viehes und die Sense des Menschen sind ebenso baumfeindlich wie jenes Klima. Das Resultat ist eine ähnliche immergrüne Wiese hier wie dort, drum dürfen bei ökologischer Betrachtung die Alpenmatten nicht grundsätzlich von den Talwiesen getrennt werden.

Einen interessanten Fall, wie das Weiden ein fernes Klima ersetzt, entnehme ich Gams[1]). Eine im April und Mai, sowie im Spätherbst stark abgefressene Kuh- und Ziegenweide auf einem südexponierten, kalkarmen Schuttkegel bei 510—530 m bei Mazembroz im Wallis wird dort auf Artenliste, Lebensformen, Aspekte usw. genau analysiert. Gams schreibt dazu (S. 400): „Wenn man

[1]) Helmut Gams, Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. Diss. Zürich und Vierteljahrsschrift der Nat. Ges. in Zürich, 63, 1918, S. 293.

mit den dargestellten Aspekten die Schilderung der ungarischen Pußta von Kerner vergleicht, ergibt sich eine große Übereinstimmung. Man würde irren, wollte man aus dem Vorkommen derartiger Siedlungen auf ein echtes „Xerogeophytenklima" im Wallis schließen. Wo mehrere Jahre nicht mehr geweidet wird, werden, wie ich mehrfach beobachten konnte, die Xerogeophyten durch einen geschlossenen Hemikryptophytenrasen sehr stark zurückgedrängt." Also das Weiden hat uns hier das ungarische Pußtenklima in gewissem Grade ersetzt, so daß eine ähnliche, nahe verwandte Pflanzengesellschaft daraus hervorging.

Pflanzen, die bei großer Luftfeuchtigkeit auf offenem Felde wachsen, können im Klima, wo die Luftfeuchtigkeit im offenen Feld ihnen nicht mehr genügt, wo sie zu starke Verdunstungsverluste erleiden würden, doch noch im Schatten der Bäume fortkommen. Der Baum ersetzt biotisch das feuchtere Klima, da sein Schatten die Transpiration des Unterwuchses herabsetzt. Wie manche Pflanzengesellschaft, die im zusagenden Klima als selbständige Gesellschaft auftritt, kommt im weniger günstigen Klima im Schutz des Waldes, also von den Waldbäumen biotisch begünstigt und ermöglicht, noch vor. Sei es, daß der Schatten die Verdunstung verhindere, sei es, daß der Oberwuchs vor zu scharfer Kälte oder starker Wärme schützt. So gedeiht die ozeanische Heide im weniger ozeanischen Klima als Waldunterwuchs, ebenso die lorbeerblätterigen Arten *Arbutus unedo* und *Ilex aquifolium* unter dem Dach von *Quercus sessiliflora* im kühlen Irland.

Klimatische Wärme kann man teilweise anthropogen durch Dünger ersetzen. In stark gedüngtem Bestand kann die Kälte nicht so leicht eindringen und daher überwintern gewisse Gewächse ganz gut, die sonst zugrunde gehen würden. Der reichliche Nährstoff macht widerstandsfähig gegen Wärmemangel, wie ja auch der Mensch bei Unterernährung mehr friert. Hier ist auch offenbar der grundlegende Elementarfaktor nicht derselbe. Erzeugt auch die Nahrung im menschlichen wie im pflanzlichen Körper Wärme, so ist damit ihre Wirkung doch nicht erschöpft.

6. Auswechselbarkeit und Ersetzung edaphischer Faktoren durch biotische und biotischer Faktoren durch edaphische

Zum Teil sind in dieser Gruppe ähnliche Beispiele zu nennen wie in andern Gruppen. Die vorher besprochene edaphische Wiesen-

bildung durch Eisgang wird biotisch durch Weiden oder durch Mähen erzeugt.

Ein jedermann geläufiger Ersatz ist der, daß die natürlichen edaphischen Nährstoffe ersetzt werden durch Dünger. Auch die edaphische Wirkung des Wassers kann zum Teil durch Dünger ersetzt werden. Eine stark gedüngte Wiese trägt eine Vegetation, die mit der einer stark feuchten Wiese viel Verwandtschaft zeigt.

Konnten wir klimatische Faktoren durch die biotische Konkurrenzlosigkeit ersetzen, so ist dies auch hier mit edaphischen möglich. Bodenstete Pflanzen gedeihen auf andern Böden bei Ausschaltung des Wettbewerbs. So z. B. wachsen Salzpflanzen ganz gut auf salzfreiem Boden, Kalkpflanzen auf kalkfreiem Boden. Umgekehrt kommen Urgesteinspflanzen wie z. B. *Rhododendron ferrugineum* auf Kalkboden gut fort, wenn ihnen der Wettbewerb ferngehalten wird. C. A. Weber[1]) schreibt von den Hochmoorpflanzen: Die Hochmoorpflanzen gedeihen bei starker Düngung mit Kalk, Kali, Phosphorsäure und Nitraten mehrere Jahre üppig und fruchtreif, aber es bedarf der häufigen Entfernung von sich ansiedelnden Gräsern und andern autotrophen Gewächsen, die sonst überwuchern.

Damit haben wir die sechs Gruppen besprochen und durch Beispiele erläutert. Aus all diesen Beispielen geht deutlich hervor, wie ein Faktor einen andern verstärkt, abschwächt, ersetzt, wie eine Faktorengruppe durch Faktoren einer andern Gruppe verstärkt, abgeschwächt, ersetzt wird. Darauf muß bei den Untersuchungen stets Rücksicht genommen werden. Besonders ist dies nötig, wenn wir zahlenmäßig einzelne Faktoren ausdrücken. Die Zahlen eines Gebietes lassen sich nicht in ihren absoluten Größen mit denen eines andern Klimas, eines andern Bodens, anderer Wettbewerbs- und Bebauungsverhältnisse vergleichen, sondern stets nur relativ, d. h. nachdem die korrelativen Einwirkungen der andern Faktoren mitberücksichtigt worden sind.

Die Untersuchungen über die Faktorenersetzbarkeit sind allzuoft vernachlässigt worden. Daraus ist manche Meinungsverschiedenheit, manche Polemik zwischen verschiedenen Forschern entstanden, oder doch unnötig verschärft worden, die vermieden

---

[1]) C. A. Weber, Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memel-Delta. Berlin 1902. S. 150. — Camill Monfort. Zitat siehe S. 155.

worden wäre, wenn die Standorte genauer unter Berücksichtigung der Ersetzbarkeiten beim Gebietswechsel vergleichend untersucht worden wären. Es schien mir darum von Wichtigkeit, unter den vielen notwendigen Punkten des ökologischen Vegetationsstudiums diesen ausführlicher zu behandeln.

Tabelle von Faktorenersetzungs-Beispielen

1. Klimatische Faktoren durch andere klimatische:

Niederschläge	durch	Luftfeuchtigkeit
Niederschläge	„	Nebel
Trockenheit	„	Südexposition
Trockenheit	„	Wind
Feuchtigkeit	„	Nordexposition
Wärme	„	Licht

2. Edaphische Faktoren durch andere edaphische:

Kalk	durch	Lockerheit des Bodens
Trockenheit des Bodens	„	Salzgehalt
Trockenheit	„	Kälte
Trockenheit	„	Sauerstoffarmut

3. Biotische Faktoren durch andere biotische:

Wuchern	durch	Anpflanzen
Konkurrenzunfähigkeit	„	Anspruchslosigkeit
Brache	„	Pilzringe

4. Klimatische Faktoren durch edaphische und umgekehrt:

Mittelmeerklima	durch	Kalkhügel
Nördliches Klima	„	Wasserlauf
Wärme	„	Wasser
Kälte	„	Wasser
Trockenheit des Klimas	„	Sand
Feuchtigkeit des Klimas	„	Sand
Ozeanität	„	Wasser
Ozeanität	„	Tiefgründigkeit
Kontinentalität	„	Flachgründigkeit
Kaltozeanisches Klima	„	Eisgang
Teilweises Gesamtklima	„	Bodenstetigkeit

5. Klimatische Faktoren durch biotische und umgekehrt:

Tropisches Klima	durch	Heizung
Tropisches Klima	„	Bewässerung
Mediterranklima	„	Pflügen
Mediterranklima	„	Eisenbahndamm
Kaltozeanisches Klima	„	Mähen
Kaltozeanisches Klima	„	Weiden
Steppenklima	„	Weiden
Luftfeuchtigkeit	„	Schatten
Wärme	„	Baumschutz
Wärme	„	Dünger

6. Edaphische Faktoren durch biotische und umgekehrt:

Eisgang	durch	Mähen
Guter Boden	„	Dünger
Wasser	„	Dünger
Salz	„	Konkurrenzlosigkeit
Kalk	„	Konkurrenzlosigkeit
Urgestein	„	Konkurrenzlosigkeit
Hochmoorbedingungen	„	Konkurrenzlosigkeit

16. Standortsstetigkeit

161. Klimastetigkeit

Wenn wir eine Pflanzengesellschaft auf ihr Vorkommen verfolgen, so läßt sich ersehen, ob sie eng oder weit in ihren Ansprüchen an das Klima ist. Wir haben also die Pflanzengesellschaften zu vergleichen mit den Klimaten. Man wird dabei z. B. finden, daß die Macchie, das Hartlaubgebüsch, sich stets an das mediterrane Klima, den Komplex klimatischer Bedingungen, trockene warme Sommer, milde Winter usw., den wir mit mediterranem Klima bezeichnen, hält. Wo dieses Klima auftritt, an der kalifornischen Küste, in Westaustralien, tritt auch Hartlaubgehölz auf, aber nicht an andern Orten.

Der *Pinus silvestris*-Wald sucht stets Gebiete auf mit kontinentalem Klimacharakter. Die Heiden bedürfen eines ozeanischen Klimacharakters. Das sind also klimastete Gesellschaften. Im ozeanischen Klima, bei den geringen Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen paart sich winterliche Milde mit kühlfeuchtem

Sommer. Diese beiden Dinge gestatten aber zwei sonst ökologisch verschieden veranlagten Pflanzen- und Pflanzengesellschaftsgruppen das Fortkommen, nämlich südlichen Pflanzen, die den Frost nicht ertragen, aber keine großen Temperaturansprüche machen, anderseits nordischen oder Alpenpflanzen, die an kühlen Sommer gewöhnt sind, denen aber die Art des Winters sozusagen gleichgültig ist. So gibt es im ozeanischen Klima Mischungen, die des besonderen vergleichenden Studiums erheischen. In West-Irland[1]) finden wir mediterran-atlantischen *Arbutus unedo*, im Wald das zarte *Hymenophyllum peltatum* und *tunbridgense*; anderseits Alpenpflanzen wie *Dryas octopetala*. Zum Verständnis solcher Mischtypen muß man vergleichend vorgehen. Man macht sich das Klima der Gegenden klar, wo diese Pflanzen zu Hause sind, ihre Hauptverbreitung haben und sucht dann die maßgebenden klimatischen Bedingungen des Mischortes, des Ortes, wo die heterogenen Elemente zusammen vorkommen, herauszufinden, wie sie für den einzelnen Gesellschaftsbestandteil bedingend sind. Diese vergleichende Methode kann viel Licht auf die komplizierten Verhältnisse solcher Gesellschaften werfen.

In dem schon angeführten Beispiel von West-Irland sehen wir, wie sich ausgeprägte Vegetationsgürtel der weniger ozeanischen Gegenden enger und enger ziehen und vereinigen.

Das *Quercetum sessiliflorae aquifoliosum* Irlands bei Killarney zeigt vereinigt, konstant und reichlich, den *Ilex aquifolium* der korsikanischen Bergwälder (*Fagetum aquifoliosum*), den *Arbutus unedo* der korsikanischen Insularmacchien, die hohen Eriken der kanarischen Bergheide (auch *Calluna* wird im irischen Wald über 2 m hoch) mit dem Charakter des kanarischen Lorbeerwaldes (Fig. 60). Und etwas nördlicher an der irischen Westküste finden wir Heiden, Zwergstrauchheiden mit Elementen der nordatlantischen Heide, wie der alpinen Zwergstrauchheide, sogar *Dryas octopetala* fehlt nicht.

Diese vergleichend klimatische Methode zur Aufsuchung der Klimastetigkeit verspricht noch schöne Resultate.

Die Klimastetigkeit muß aber auch auf einzelne Faktoren geprüft werden. Es ist die Lichtstetigkeit, resp. Schattenstetigkeit zu prüfen, es gehört also hierher Heliophilie und -phobie, Ombro-

---

[1]) Rübel, The Killarney woods. The international phytogeographical excursion in the British isles V. New Phytologist, Vol. 10, S. 54—58.

philie und -phobie nach dem Regen benannt, ferner die Forderung nach bestimmten Wärmegraden usw.

162. Bodenstetigkeit

Schon altbekannt ist, daß gewisse Pflanzen und Pflanzengesellschaften nur auf bestimmten Böden vorkommen, man nennt diese Pflanzen Bodenzeiger. Aus ihrer Anwesenheit kann man Schlüsse auf bestimmte Eigenschaften des Bodens ziehen z. B. auf Salzgehalt, Kalkgehalt, Düngerzustand, auf Feuchtigkeit oder Trockenheit, Humusgehalt usw.

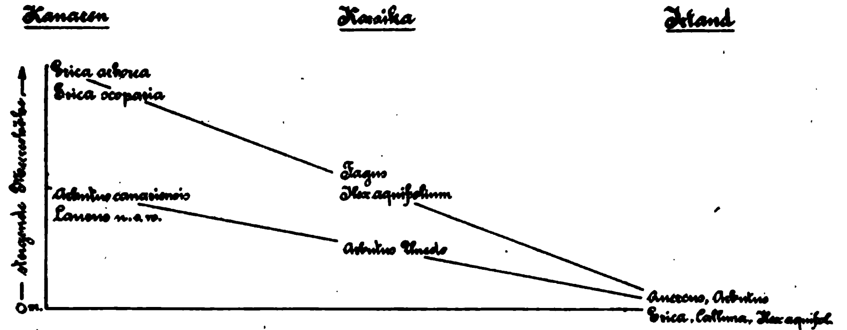


Fig. 60. Im ozeanischen Gebiet vermischen sich die anderwärts getrennten Vegetationsstufen

Schröter[1]) unterscheidet nach Unger (1830) folgende Grade:
Bodenstet, Pflanzen die diese Bodenart fordern,
Bodenhold, Pflanzen, die eine Vorliebe für eine Bodenart haben, ohne daran gebunden zu sein.
Bodenvag, Pflanzen, die indifferent sind in bezug auf die Bodenart.

Beim Verfolgen von Pflanzen auf ihre Bodenstetigkeit berücksichtige man u. a. noch folgende von Schröter aufgestellte Leitsätze:

Schröter 1910, S. 114: „Einfluß der Konkurrenz anderer Pflanzen.

Die Beschränkung einer Pflanze auf einen bestimmten Boden ist oft nur Folge der Konkurrenz d. h. die Pflanze könnte auch anderswo gedeihen, wird aber durch besser ausgerüstete Pflanzen verdrängt und auf denjenigen Boden beschränkt, auf den die andern ihr nicht zu folgen vermögen. Viele Salzpflanzen (Halo-

---

[1]) Zitat S. 118.

phyten) gedeihen in Kultur, wenn man die Konkurrenz fernhält, auch auf salzarmen Böden. Sie brauchen nicht das Salz, sondern sie ertragen es besser als andere.

„Einfluß der übrigen Bodenfaktoren.

Der Boden ist ein kompliziertes Gemenge von physikalischen, chemischen und organogenen Faktoren, die einander gegenseitig beeinflussen und ersetzen können. So wird die Abhängigkeit von Pflanzen von einem Faktor oft beeinflußt durch die Einwirkung anderer.

„Manche kalkmeidenden Pflanzen können z. B. große Quantitäten Kalk im Boden ertragen, wenn ihnen genügend assimilierbares Kali geboten wird; sie sind also kalkmeidend nur für kaliarme Böden (*Castanea vesca*).“

Auf die Ersetzbarkeit der edaphischen Faktoren durch klimatische muß natürlich auch Rücksicht genommen werden.

Sodann ist eine Art oft bodenvag im Zentrum ihres Gebietes, wo ihr die klimatischen Bedingungen am besten zusagen, am Rande des Gebietes, des Klimas, wo sie nicht mehr so konkurrenzfähig ist, besiedelt sie nur noch die ihr am besten zusagenden Böden, sie wird bodenstet.

Unter den bodensteten unterscheiden wir[1]): Salzzeiger, Kalkzeiger, Humuszeiger, Rohbodenzeiger, Düngerzeiger, Magerkeitszeiger, Feuchtigkeitszeiger, Trockenheitszeiger.

Viele Forscher legen einem einzelnen Bodenbestandteil so viel Wichtigkeit bei, daß die Haupteinteilung der Pflanzengesellschaften auf die Salz-, Kalk-, Humusstetigkeit begründet wird. Hier sei auf das behandelte Kapitel der edaphischen Faktoren verwiesen und es seien noch einige Beispiele und bei der Untersuchung zu beachtende Einzelheiten angeführt.

Der Kochsalzgehalt ist meist auffällig und leicht zu finden; auch haben die Salzpflanzen schon äußerliche Merkmale, aus denen wir auf Kochsalzgehalt ± sicher schließen können, wie vor allem die Fleischigkeit.

Schwieriger wird es beim Kalkgehalt. Da ist es nötig, der Herkunft des Kalkes nachzugehen, besonders in Gebieten, die auf den ersten Blick Kieselböden zeigen. Da suche man, ob keine

---

[1]) F. G. Stebler und C. Schröter, Die Alpenfutterpflanzen. Bern 1889. Darin Kapitel II von C. Schröter: Die Matten und Weiden der Alpen. — C. Schröter 1910, Zitat siehe S. 118.

kalkigen Sedimente da sind, ferner suche man nach verwitterten Kalksilikaten, Kalkspat kristalliner Gesteine.

Man verfolge genau die Tektonik des Gebietes. Bei den riesigen Deckenüberschiebungen kann man fast überall verschleppte Sedimentstückchen vermuten, denen man genau nachgehen muß. Von solchen Kalkfetzen her kann kalkhaltiges Wasser an Orte fließen, wo man sonst gar nicht herausbringt, warum kalkholde Pflanzen dastehen. Moränen sind natürlich immer verdächtig. Man beachte auch die Kalkverbreitung durch Straßenschotter, durch Mauermörtel, durch Kalkdüngung, kalkhaltige Komposterde, also die Masse der anthropogenen Kalkvorkommnisse.

Den Gegensatz dazu bilden Kalkflieher auf Kalkboden. Hier kann der Kalk ausgewaschen sein aus der Schicht des Wurzelortes oder ein Humuswurzelort den Kalkboden überlagern, usw.

Schröters Bezeichnungen mit Beispielen

CCC, kalkfordernd.
Sesleria coerulea
Carex firma
Gypsophila repens

CC, weniger stark kalkfordernd.
Dryas octopetala
Rhamnus pumila
Leontopodium alpinum

C, kalkliebend.
Daphne striata
Draba tomentosa

SSS, Kalkflieher (Silizium).
Sphagnum medium
Rumex acetosella
Carex curvula

SS, 2. Grad kalkfliehend.
Calluna vulgaris
Trifolium alpinum
Calamagrostis villosa

S, 3. Grad kalkfliehend.
Oxyria digyna

Sfo, Salzfordernd.
Salicornia herbacea
„ *fruticosa*

Sl, Salzliebend.
Artemisia maritima incana
Kochia prostrata

Dz, Düngerzeiger.

Dfo, Düngerfordernd.
Coprinus stercorarius

Dl, Düngerliebend.
Arrhenatherum elatius
Dactylis glomerata
Taraxacum officinale
Polygonum bistorta
Poa alpina
Poa annua
Rumex alpinus
Cirsium spinosissimum

Mz, Magerkeitszeiger.

Mfo, Magerkeitfordernd.
Antennaria dioeca
Nardus stricta
Sesleria coerulea

Orchideen
Cyperaceen
Euphrasien

Hz, Humuszeiger.

Hfo, Humusfordernd.
Limodorum abortivum
Epipogium aphyllum

Hl, Humusliebend.
Anemone nemorosa
Asperula odorata
Trientalis europaea
Vaccinien
Rhododendren
Loiseleuria procumbens

Fz, Tz, Feuchtigkeits- und Trockenheitszeiger.

Fl, Feuchtigkeitsliebend.
Deschampsia caespitosa
Festuca pratensis
Luzula spadicea
Juncus trifidus

Tl, Trockenheitsliebend.
Festuca pumila
Carex sempervirens
Anthyllis vulneraria
Oxytropis campestris
Hieracium pilosella

Entsprechend der Standortsstetigkeit der Pflanzen ist auch deren Gesellschaftsstetigkeit zu untersuchen, doch gehört dies in den zweiten Teil, die Untersuchung der Pflanzengesellschaften, wo diese Verhältnisse unter Gesellschaftstreue behandelt werden.

Eine große Erweiterung der Untersuchung dieser „Zeiger" haben die Amerikaner vorgenommen, welche die Zeiger als ein bedeutsames Kapitel der Land-[1]) und Forstwissenschaft betrachten. Dies wird von Clements[2]) zusammenfassend behandelt. Nicht nur einzelne Pflanzen, sondern vornehmlich Pflanzengesellschaften sind als Zeiger für die Möglichkeiten von Landbau, von Viehzucht, von Waldbau in den großen westlichen Gebieten Nordamerikas zu benutzen. Z. B. zeigt Langhalmprärie die Möglichkeit des Ackerbaues an, die Kurzgrasformation, daß Weidewirtschaft das Geeignete sei und innerhalb dieser Formation zeigen die verschiedenen dominierenden Arten, ob das Land besser für Großviehzucht, für Schafweide oder Ziegenweide geeignet sei. Das Eindringen von bestimmten Unkräutern zeigt die mehr oder weniger große Über-

[1]) H. L. Shantz, Natural vegetation as an indicator of the capabilities of land for crop production in the Great Plains area. Bulletin Nr. 201, Bureau of Plant industry, 1911. — T. H. Kearney, L. J. Briggs, H. L. Shantz, J. W. McLane and R. L. Piemeisel, Indicator significance of vegetation in Tooele valley, Utah. Journ. of agric. research, 1, 1914, S. 465—517.

[2]) F. E. Clements, Plant indicators. The relation of plant communities to process and practice (sinn- und inhaltgemäß übersetzt: Die Pflanzen als Zeiger. Die Pflanzengesellschaften des westlichen Nordamerika und ihre Beziehungen zur Land- und Forstwirtschaft). Carnegie Institution of Washington 1920, 388 S.

nutzung an. Nach solchen Zeigern wird das Land bestimmt, wo Aufforstung möglich und wünschbar ist, sowie die Waldarten, womit aufzuforsten ist. Es werden auch Zeiger besprochen für jegliche Veränderung, wie Feuerzeiger, Erosionszeiger, Rodungszeiger usw.

17. Die ökologischen Lebensformen (Physiognomie)

Als Ausdruck der Gesamtwirkung der ökologischen Faktoren zeigt sich die Einzelpflanze in ihrer Lebensform, die Pflanzengesellschaft in ihrer Physiognomie oder der Zusammenwirkung der Lebensformen ihrer Komponenten. Durch die Lebensformen bringen sich die Pflanzen in eine Harmonie zur Umwelt, daß sie in dieser Umwelt möglichst gut ihr Gedeihen finden. Sie passen sich der Umwelt an und befinden sich dann in „Epharmonie", wie man diesen angepaßten Zustand seit Vesque nennt. Dieser Zustand der Anpassung an die Gesamtwirkung der Faktoren muß daher möglichst genau untersucht werden und die Wege, die zu diesem Zustand führen, also die Anpassungen oder Epharmosen. Die Epharmosen führen zur Epharmonie, zum angepaßten Zustand. Diese Lebensformen wurden auch Wuchsformen oder Vegetationsformen genannt, mit kleinen Abweichungen in der Bedeutung, die den Ausdrücken beigelegt wurden. Sie bedingen in erster Linie die Physiognomie der Einzelpflanze und die Physiognomie der Vegetation.

In dieser Physiognomie müssen wir aber vor allem zwei verschiedene Komponenten unterscheiden, die einen Eigenschaften sind epharmonisch, sie sind Anpassungsmerkmale, sie zeigen den Einfluß der Gesamtwirkung der ökologischen Faktoren, also kurz den Einfluß des „Standorts", die andern Eigenschaften weisen auf die taxonomische Verwandtschaft hin, sie sind systematischer Natur, sie liegen in der Konstitution der Pflanze, sie sind konstitutionell.

Die Verwandtschaft der Gewächse zeigt sich bekanntermaßen am stärksten in den reproduktiven Organen; diese sind die konservativsten; aus ihren Ähnlichkeiten gewinnt die Sippensystematik ihre Hauptbeweismittel für den Aufbau des Pflanzensystems nach Verwandtschaft.

Die vegetativen Organe andererseits sind die, welche sich hauptsächlich mit den Standortsfaktoren auseinandersetzen, die am stärksten dem umgebenden Klima usw. angepaßt sein müssen, wenn die Pflanze gedeihen soll. Die vegetativen Organe sind aber die,

welche die Lebensform bilden. Das Klima z. B. wirkt auf die Lebensform, besonders auf das Blatt und die Zweigentfaltung, also auf die Physiognomie. Es ist aber sehr zu beachten, daß die vegetativen Organe doch auch wesentlich mit konstitutionellen Merkmalen behaftet sind, die der Standortswirkung ein verschiedenes Aussehen verleihen. Besteht z. B. die Wirkung in einem bestimmten Grad von Trockenheitsanpassung, also einer Xeromorphose, so wird das xeromorphe Aussehen der Pflanze nach ihrer Konstitution, nach der systematischen Zugehörigkeit verschieden sein. Das immergrüne Eichenblatt bewirkt die Xeromorphose durch Stützgewebe, Rutengewächse durch Verkleinerung und Abwerfen der Blätter und Ausgestaltung des Zweiges zum assimilierenden Körper, andere Pflanzen, z. B. *Phlomis* durch Haarbekleidung, eine Konifere wieder anders. Der Stengel kann das Blatt bei der Assimilation ersetzen oder ergänzen. Ein grüner Stengel kann kleinen Blättchen entsprechen. Der Stengel ist aber scheinbar nicht so ausdrucksfähig wie das Blatt. Dies wäre aber noch zu untersuchen. Wir kennen assimilierende Stengel wie die von *Vaccinium myrtillus*, von *Sarothamnus*, die wie mir scheint das erikoide Blatt ersetzen. Die Beobachtung muß daher darauf gerichtet sein, inwieweit die Abstammung der Art bei der Blattform und Blatteinrichtung und beim Blattersatz mitwirkt.

Bestimmten systematischen Pflanzengruppen ist auch in der ökologisch-physiognomischen Ausdrucksweise eine konstitutionelle Grenze gesetzt, über die ihre Anpassung nicht hinaus kann.

So ist es der systematischen Gruppe der Koniferen im allgemeinen nicht gelungen, die konstitutionelle Bauart ihres Blattes so umzuformen, um sich einem Klima, das breite Blätter vorzieht, vollkommen anzupassen; außer vielleicht in der Gattung Gingko. In anderen Gattungen hingegen hat sich eine Schuppenform ausgebildet, die nicht durch das Einzelblatt, wohl aber durch die Blattgruppierung die Wuchsform des Breitblattes erstrebt. In wieder anderer Weise geschieht es durch Verbreiterung der Nadel, durch gleichmäßiges Nebeneinanderlegen. Es ergibt sich dadurch sozusagen ein Fiederlaubblatt. Annäherungen finden wir bei *Taxus, Cephalotaxus*, besonders bei *Sequoia sempervirens, Taxodium distichum.* Untersuchungen der Physiognomie und Ökologie dieser Blätter versprechen noch schöne Einsichten für die Soziologie.

Sehe ich ein lederiges, mattgrünes, kleines, haariges Blatt vor mir, so erzählt das vieles über Immergrünsein, über Schutz gegen Austrocknung, also über Überdauern einer trockenen heißen Zeit, um in einer günstigen, milden wirkungsfähig zu sein; kurz aus der Physiognomie des Hartlaubblattes läßt sich das bekannte Klima, das wir mediterran nennen, herauslesen.

Ebenso läßt sich aus der Physiognomie eines Fallaubes das Klima seiner Wuchsgegend herauslesen. Es ist, ich möchte sagen, die innere Gestalt des Gewächses.

Dazu ist die äußere Gestalt zu untersuchen. Diese gibt uns Kunde, ob der Standort eine großzügige Wasserbilanz gestattet, also Bäumen das Fortkommen ermöglicht oder nicht. In alter Zeit begann die Systematik mit Einteilen der Pflanzen in Bäume, Sträucher und Kräuter. Da aber die neuere Systematik hauptsächlich auf die reproduktiven Organe abstellt und diese genannten Wuchsformen gar nichts damit zu tun haben, wurde diese Einteilung natürlich sehr bald wieder verlassen. Wir finden zwar sogar noch bei Linné Anklänge daran, indem seine Familie der *Succulentae* sich noch auf eine ökologische Lebensform gründet. Hat diese Einteilung für die Systematik keinen Wert, so beachte man aber, daß es ja vegetative Merkmale betrifft, die für den Haushalt bestimmend sind, die also für die Ökologie, die man damals nicht kannte, ihren hohen Wert haben und behalten.

171. Die Wuchsformen von Humboldt und Grisebach

In die Geobotanik brachte Alexander v. Humboldt die Lebensformenforschung und zwar als Physiognomik der Gewächse; jedoch unterscheidet er noch nicht zwischen den epharmonischen und konstitutionellen Merkmalen und viele seiner Hauptformen sind in der Hauptsache auf letztere, auf die konstitutionellen Merkmale aufgebaut; die Formen von Grisebach noch mehr. Diese Grisebachschen Formen sind es hauptsächlich, die in der Folge die Physiognomik in der ökologischen Geobotanik in Mißkredit brachten. Dabei wurden, wie es zu geschehen pflegt, auch die guten Seiten mit beseitigt.

Auf die ungezählten Versuche, brauchbare Lebensformen zu gewinnen und sie anzuwenden, einzugehen, ist hier nicht der Ort, das gehört in eine Geschichte der Lebensformen, einen kurzen Abriß davon finden wir bei Gams in seinen Prinzipienfragen der

Vegetationsforschung 1918 (Zitat S. 161). Zur Kennzeichnung der Untersuchungsmethoden sollen nur einige wenige Systeme besprochen werden als Beispiele. Bei diesen Lebensformengruppierungen werden verschiedene Zwecke verfolgt, die einen, wie Raunkiär, wollen damit floristisch-statistisch die Klimate der Erde charakterisieren, andere durch Herausheben dominierender Formen die Pflanzengesellschaft kennzeichnen, also zwei ganz verschiedene Zwecke, wovon der eine sich auf die Flora, der andere auf die Vegetation bezieht.

Humboldt 1807[1]) unterschied 17 Formen nach der Physiognomie. Er benennt sie nach hervorragenden Vertretern, beschreibt aber stets den Wuchs, z. B.:

Rebenform: Rankende Gewächse mit rissigen holzigen Stämmen und vielfach zusammengesetzten Blättern;
Malvenform: Dickstämmige Bäume mit großen weichen, meist lappigen Blättern;
Mimosenform: Feingegliederte Blätter, weitschattige Kronen;
Gras- und Schilfform: Ohne nähere Beschreibung;
Blätterflechtenform: „ „ „ ;

usw. Wie zu sehen, sind ökologische und systematische Merkmale gemischt. Verwirrung entstand hauptsächlich daraus, daß die Benennung nach einzelnen Gattungen geschah.

Grisebach vermehrte die Formen auf 60, wobei noch viel mehr systematisches hineinkam, was nicht auf die Wirkung der ökologischen Faktoren zurückgeführt werden konnte. Hier setzte naturgemäß die Kritik ein, die aber so weit ging, mit den nicht ökologisch-physiognomischen Formen Grisebachs die „Vegetationsformen“ als solche und die ganze Physiognomik damit als für die ökologische Geobotanik unbrauchbar zu verschreien.

172. Grundformen von Kerner, Norrlin und Hult

Wirklich ökologisch wird die Lebensformenlehre durch Kerner 1863[2]). Er unterscheidet folgende „Grundformen“:

Bäume, Sträucher, Stauden, Filzpflanzen, Blattpflanzen, Schlinggewächse, Fadenpflanzen, Rohre, Halmgewächse, Schwämme, Krustenpflanzen.

---

[1]) A. v. Humboldt, Ideen zu einer Geographie der Pflanzen, nebst einem Naturgemälde der Tropenländer. Tübingen und Paris 1807.

[2]) Anton Kerner, Das Pflanzenleben der Donauländer. Innsbruck 1863.

Hier haben wir also wieder die gute alte Einteilung in Bäume, Sträucher und Stauden, die aus der alten Systematik gestrichen werden mußte, weil sie ökologischer Natur ist, hier ist sie nun durchaus am Platz. Es ist ein großer ökologischer Unterschied, ob das Klima und der Boden eine so großzügige Wasserbilanz gestatten, wie sie der Baum braucht oder bloß wie der Strauch, oder ob die Faktoren nur kleine Pflanzen erlauben, aber denen genug Wärme, Feuchtigkeit, Nahrung usw. zu geben vermögen.

Die kleinen Pflanzen hat Kerner weiter eingeteilt als diese großen Formen der Bäume und Sträucher. Ein ähnliches System stellte Norrlin auf. Hult (Zitat S. 191), ein Schüler Norrlins, teilt die Holzgewächse noch je in zwei Gruppen, die Bäume in Nadelbäume und Laubbäume, die Sträucher in Gebüsche und Reiser. Reiser bedeutet die Form, in der Erika, Heidelbeere usw. vorkommen.

173. Lebensformen von Raunkiär

Ausführlicher sei auf das System von Raunkiär eingegangen, das eine große Bedeutung gewonnen hat, viel verwendet wird, aber stets nur in abgekürzter Form, so daß das vollständige System wenig bekannt ist, da es dänisch veröffentlicht wurde.

Raunkiärs Lebensformen

I. Luftpflanzen, Phanerophyten.
  1. Krautluftpflanzen,
  2. Immergrüne Riesenluftpflanzen (Megaphanerophyten) über 30 m, ohne Knospenschutz,
  3. Immergrüne große Luftpflanzen (Mesophanerophyten) 8—30 m. ohne Knospenschutz,
  4. Immergrüne kleine Luftpflanzen (Mikrophanerophyten) 2—8 m, ohne Knospenschutz,
  5. Immergrüne Zwergluftpflanzen (Nanophanerophyten) unter 2 m, ohne Knospenschutz,
  6. Epiphytische Luftpflanzen,
  7. Immergrüne Riesenluftpflanzen mit Knospenschutz,
  8. „ große Luftpflanzen „ „ ,
  9. „ kleine „ „ „ ,
  10. „ Zwerg- „ „ „ ,
  11. Stengelsukkulente Luftpflanzen,

12. Laubwechselnde Riesenluftpflanzen mit Knospenschutz,
13. „ große Luftpflanzen „ „ ,
14. „ kleine „ „ „ ,
15. „ Zwerg- „ „ „ .

II. Bodenflächenpflanzen, Chamaephyten, Knospen höchstens 20—30 cm hoch.
16. Halbbusch-Bodenflächenpflanzen,
17. Passive „ ,
18. Aktive „ ,
19. Polsterpflanzen.

III. Erdkrusten- oder Erdschürfepflanzen, Hemikryptophyten.
20. Erste Erdschürfepflanzen, Protohemikryptophyten,
21. Halbrosettenpflanzen,
22. Rosettenpflanzen.

IV. Erdpflanzen, Kryptophyten.
23. Rhizom-Erdpflanzen oder Rhizomgeophyten,
24. Stengelknollen-Erdpflanzen, Stengelknollengeophyten,
25. Wurzelknollen- „ , Wurzelknollengeophyten,
26. Zwiebel- „ , Zwiebelgeophyten,
27. Wurzel- „ , Wurzelgeophyten,
28. Sumpfpflanzen, Helophyten,
29. Wasserpflanzen, Hydrophyten.

V. 30 Sommerpflanzen (einjährig), Therophyten.

Das ganze System ist auf die Wirkung eines sehr gut gefaßten Faktorenkomplexes eingestellt, nämlich auf die Lage und den Schutz der Knospen, welche die ungünstige Jahreszeit überdauern müssen, also den kalten Winter oder eine mehr oder weniger heiße Trockenzeit. Um die Raunkiärsche Klasse zu bestimmen, muß man also stets die Überdauerungsorgane suchen. An Herbarmaterial wird es nur bei schön vollständigen Exemplaren gelingen, da besonders die unterirdischen Organe, Zwiebel, Wurzelknollen, Stengelknollen oft fehlen. Die Kryptogamen hat Raunkiär ganz weggelassen. Er verwendet diese Lebensformen, um das Klima eines Gebietes zu charakterisieren, indem er rein statistisch-floristisch die Zahl der Arten jeder Lebensformenklasse des Gebietes bestimmt, um zu sehen, welche vorherrschen. Die Zusammenstellung nennt er das „biologische Spektrum" des Gebietes. Damit dieses etwas aussage, muß es mit andern Gebieten verglichen werden und besonders sollte es mit der ganzen Erde verglichen werden, das gäbe ein richtiges Verhältnis. Dieser Durchschnitt

der Erdflora ist natürlich nicht möglich, da nicht alle Pflanzen auf ihre Lebensform untersucht sind, da man überhaupt noch gar nicht alle kennt und die Rechnungszahl eine sehr große würde. Dazu kommt noch, daß dieselbe Art bald zu der einen, bald zu einer andern Form gehören kann oder auf der Grenze zwischen beiden steht. Aber Raunkiär stellt approximativ ein Verhältnis auf und nennt dies das Normalspektrum. Er bildete es aus 400, später 1000 Arten, die er nach bestimmtem Plan verteilt dem Index Kewensis entnahm, und bestimmte die Prozentzahlen der Verteilung dieser Arten auf die Lebensformen. Dazu benutzt er aber nicht alle 30 Lebensformen, sondern faßt sie zu zehn Hauptklassen zusammen:

S = Sukkulente,
E = Epiphyten,
MM = Mega- und Mesophanerophyten,
M = Mikrophanerophyten,
N = Nanophanerophyten,
Ch = Chamaephyten,
H = Hemikryptophyten,
HH = Helo- und Hydrophyten,
G = Geophyten,
Th = Therophyten.

Als Normalspektrum benutzt er folgende Prozentzahlen:

S	E	MM	M	N	Ch	H	G	HH	Th	
1	3	6	17	20	9	27	3	1	13	auf Grund von 400 Arten,
2	3	8	18	15	9	26	4	2	13	„ „ „ 1000 „ .

Jeder Prozent entspricht ungefähr 1300 Arten nach Raunkiärs Annahme von 130000 Blütenpflanzen auf der Erde. Man bestimmt nun die Prozentzahlen einer Gegend und sieht, in welchen Zahlen sie über dem Durchschnitt steht. Für Dänemarks 1084 Arten und als Vergleich für die 110 Arten von Spitzbergen und für die 194 der libyschen Wüste berechnet Raunkiär:

	S	E	MM	M	N	Ch	H	G	HH	Th
Dänemark 1084	—	0,1	1	3	3	3	**50**	11	11	18
Spitzbergen 110	—	—	—	—	1	**22**	**60**	13	2	2
Libysche Wüste 194	—	—	—	3	9	**21**	20	4	1	**42**

Aus diesen Beispielen ist herauszulesen, daß Dänemark ein gemäßigtes Hemikryptophytenklima, Spitzbergen ein kaltes Chamae-

phytenklima, die libysche Wüste ein subtropisches Therophytenklima besitzt.

Klimatische Grenzlinien bestimmt Raunkiär durch sog. Biochoren. Die 20 % Chamaephytenbiochore ist die Linie, nördlich welcher mehr als 20 % Chamaephyten vorkommen oder südlich welcher weniger als 20 % derselben anzutreffen sind. Nach solchen Biochoren kann man autökologische Florengebiete der Erde aufstellen auf Grund der durch das Klima bedingten Lebensform.

174. Abänderungen von Ostenfeld, Vahl und Gams

Einzelne Abänderungen an diesem System machten Ostenfeld 1908[1]), Vahl 1911[2]) und Gams 1918 (Zitat S. 161). Ostenfeld unterscheidet innerhalb Raunkiärs Haupttypen jeweilen nach der Lebensdauer die annuellen und die hapaxanth-pleiozyklischen, ferner im Anschluß an Warming nach dem Wandervermögen sedentäre, subterrane Wanderer und epiterrane Wanderer (von Gams supraterran genannt). Vahl, der auch Scheidungen nach dem Wandervermögen vornimmt, teilt weiter in wintergrüne, sommergrüne und immergrüne Pflanzen, wobei er die Pflanzen mit immergrünen assimilierenden Stengeln wie *Vaccinium myrtillus* und *Sarothamnus* auch wirklich zu den Immergrünen stellt. Gams berücksichtigt ebenfalls das Wandervermögen. Wichtig ist, daß er die Kryptogamen an das im allgemeinen Raunkiärsche System anschließt. Es sind hier besonders zu nennen seine aquatischen haftenden Lebensformen, die Nereiden, dann die Lufthafter und die in das Substrat eingesenkten Formen, im anorganischen Substrat (Fels) die Endopetren, im organischen (Rinde) die Endoxylen. Bemerkenswert sind auch seine auf vorwiegend oberirdische Wasseraufnahme angewiesenen Bryochamaephyten. Diese neue Gruppe ermöglicht den Einschluß der Hochmoore in die Kennzeichnung durch Lebensformen nach Überdauerung.

An dieser Stelle, wo es sich um die Beobachtung der Gesamtwirkung der Faktoren handelt, können wir mit diesen Beispielen

[1]) C. H. Ostenfeld, Botany of the Faeröes. Kopenhagen, Kristiania, London 1901/08.

[2]) Martin Vahl, Les types biologiques dans quelques formations végétales de la Scandinavie. Bull. Ac. Sc. et Lettres de Danemark 5, 1911. — Martin Vahl, Zones et biochores géographiques. Bull. Ac. Sc. et Lettres de Danemark 4, 1911.

von Lebensformen schließen, der Weg der Untersuchung dürfte klargelegt sein. Bei der Untersuchung der Elemente der Bestandesaufnahmen werden die Lebensformen wieder erwähnt und besprochen werden müssen unter etwas anderen Gesichtspunkten.

2. Untersuchung der Pflanzenbestände

21. Exkursionsausrüstung

Kelhofer hat, nachdem er seine geobotanische Monographie des Kantons Schaffhausen vollendet hatte, seine Erfahrungen über die Technik zusammengefaßt in dem Büchlein: „Einige Ratschläge für Anfänger in pflanzengeographischen Arbeiten", das als Nr. 3 der Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1917 herausgekommen ist. Darin finden sich viele nützlichen Angaben. Ferner ist das kleine Büchlein von Beck zu nennen: „Hilfsbuch für Pflanzensammler", Leipzig 1902.

An dieser Stelle will ich darum nur meine eigene Ausrüstungsliste anführen, die sich mir auf größeren botanischen Studienreisen als günstig erwiesen hat:

Ausrüstung für 4—12wöchige Auslandexkursionen
(von mir vielfach erprobt)

An persönlicher Ausrüstung:

Handtasche etwa 50×30×24 cm
Exkursionsanzug
Ganz leichte Jacke
Dunkler Anzug
Hut
Zipfelmütze
Exkursionsmantel
Leichter Regenmantel
Gürtel
4—5 Hemden
3 Paar Unterhosen
2 Nachthemden oder Pujamas
3 Paar Manschetten
6 Kragen
Kravatten
12 Paar Socken

An wissenschaftlicher Ausrüstung:

Pflanzentasche
Pflanzenpapier grau als Zwischenpapier
Pflanzenpapier weiß, worein eingelegt wird
Gitterpresse
Karton für fertige Pflanzenpakete
Tragriemen
Rucksack
Kleiner Rucksack
Mantelriemen, um Mantel und Jacke am Rucksack zu befestigen
Reserveriemen
Schnüre

An persönlicher Ausrüstung:

10 Taschentücher
Leibbinde
Uhr mit Lederkette
Marschschuhe
Stadtschuhe in Sack
Pantoffeln
Reisenecessaire
Schwämme in Sack
2 Handtücher
Rasierapparat
Hemdknöpfe } in alter Rasierseifendose
Sicherheitsnadeln }
Schuhbendel
Badhose
Lanolin (etwa noch Apothekersachen)
Feldflasche mit Becher
3 Wäschesäcke
Luftkissen
Hosenschoner oder Wadenbinden
Besteck
Kleiderbürste
Klosettpapier-Taschenhefte
Kleingeld der zu bereisenden Länder
Briefpapier
Marken
ev. Visitenkarten
Etwas Reiseproviant
Photo von Frau und Kindern
Seit dem Rückgang der Zivilisation ein Paß

An wissenschaftlicher Ausrüstung:

Stecketikettenpakete
Anhängeetiketten
Umgehängter Bleistift
Reservebleistift
Füllfeder mit Tintenlappen
6 Notizhefte
Reservebrille
Schwarze Brille
Papierdüten
Messer
Gummi
Photoapparat
Stativ
11 Dutzend Films (10 in Blechschachteln)
Höhenmesser
Sitometer
Exposimeter
Lichtplätzpäckchen dazu
Ersatzpresseketten
Stechschaufel
Zänglein
Landkarten
Lupe
ev. Taftrollen
Flora des zu bereisenden Landes
Bädeker
Wörterbuch

Alles zusammen konnte leicht allein getragen werden, ein Teil naturgemäß am Leib, ein Teil in der Handtasche, die nur $12\,^1/_2$ kg wog und der Rest im Rucksack, der $7\,^1/_2$ kg wog; nur die Pflanzenpresse war anderweitig untergebracht.

Mit der Zeit füllen sich natürlich Pressen und Kartons mit Pflanzen und werden zu umfangreichen eigenen Paketen, die man aber mit den Reserveriemen tragbar gestalten kann.

Sowohl beim Reisen als auch besonders beim Klettern im Gebirge ist die Botanisierbüchse überaus lästig; einerseits bedeutet sie ein weiteres Gepäckstück, andererseits hindert sie beim Klettern außerordentlich. Sehr geeignet erwies sich eine Wachstuchpflanzentasche, die wenn leer im Rucksack verschwindet und um-

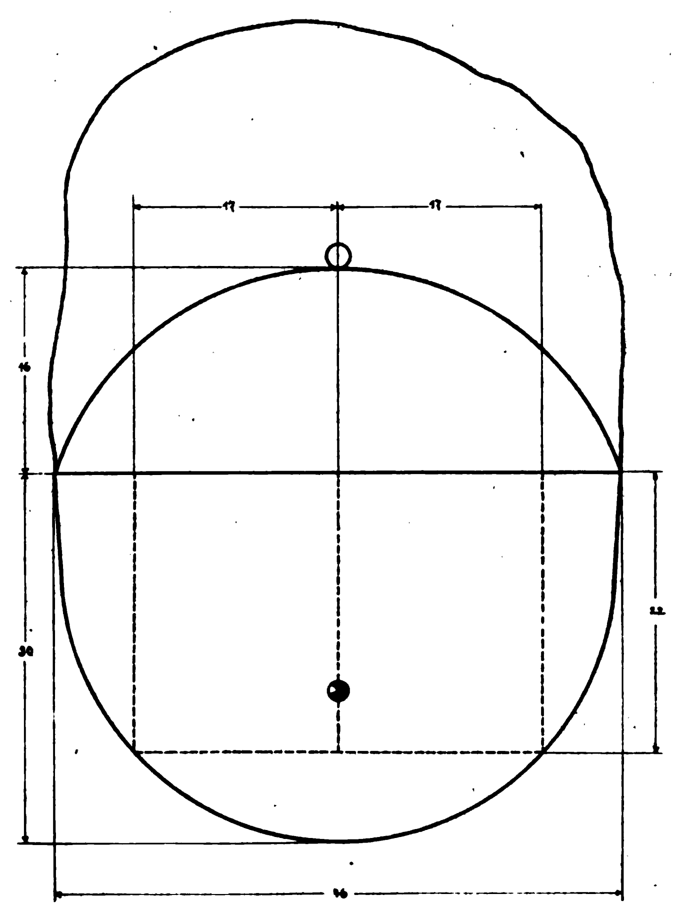


Fig. 61. Pflanzentasche

gehängt flach anliegt (Fig. 61). Angefertigt wird sie von Frau oder Schwester. Der Hauptvorwurf gegen eine solche Tasche ist der, daß behauptet wird, die Pflanzen hielten sich nicht so gut und würden stärker zerdrückt. Kleine feine Pflänzchen versorgt man so wie so in Düten; gehalten haben sich meine Pflanzen sehr

gut, sowohl in den Alpen als auch auf den Reisen im Mittelmeergebiet und durch Amerika (manchmal 2—3 Tage lang).

Auf der inneren Seite der Pflanzentasche sind zwei Taschen (ungefähr je 17 × 22 cm) angebracht, in denen man Landkarte, Notizheft, Düten, Etiketten usw. aufbewahrt und dadurch stets bei der Hand hat.

Bleistift habe ich stets um den Hals angehängt, man hat dadurch die Hand frei und den Bleistift doch stets bereit.

Der kleine Rucksack ist dazu da, an Tagen, an denen man das Gepäck irgendwo zurückläßt, den vollgepackten großen Rucksack beieinanderlassen zu können und doch noch einen Tragbehälter für das Nötige zu haben. Es erwies sich dies stets als sehr nützlich.

Ratschläge über Beobachtungen auf Studienreisen von C. Schröter[1])

1. Man schreibe alles auf, verlasse sich nicht auf sein Gedächtnis.
2. Wenn möglich, arbeite man jeden Abend seine Notizen aus noch unter dem frischen Eindruck des Geschauten.
3. Man nehme sich von vornherein vor, die Reiseergebnisse zu Vorträgen und Publikationen zu verwenden und sammle alles, was zur lebendigen Illustration dienen kann.
4. Man photographiere: Vegetationsbilder, Einzelpflanzen Kulturen, Verarbeitungsmethoden, dann aber auch Volksszenen, Marktbilder, Kinderszenen, Kostümbilder etc.
5. In den Städten suche man namentlich die Märkte auf, die über die Produkte eine Übersicht gewähren.
6. Man suche möglichst viel in Berührung mit Eingeborenen zu kommen und sie auszufragen über ihre Lebensweise, ihre Nahrung, ihre Kultur usw.
7. Man gehe überall dem Einfluß des Menschen auf die Vegetation nach, durch Wässern, Düngen, Lauben, Mähen, Weiden und Heraushauen bestimmter Bäume oder Sträucher.
8. Man suche womöglich die Notizen durch Sammlungsobjekte zu illustrieren, damit man ein möglichst reiches Demonstrationsmaterial heimbringt.

---

[1]) Es sei auch erinnert an: O. Drude, Pflanzengeographie in Neumayers Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen. 3. Aufl. Hannover 1905. S. 321—388.

9. Man suche von den Reisegefährten möglichst viel zu lernen, indem man jeden in seiner Spezialität konsultiert.
10. Man präpariere sich von vornherein auf zweierlei Mitteilungen:
    a) Sogenanntes „Narrative“, worin man ein möglichst anschauliches und vielseitiges Bild von Land und Leuten und Reiseerlebnisse gibt von möglichst persönlicher Färbung, tagebuchartig.
    b) Gründliche Darstellung einiger Spezialgebiete, z. B. der Waldverhältnisse, der Steppenflora, der Korkgewinnung, der Laubhölzer.
11. Man treibe möglichst „Symbiose“, in der Weise, daß man sich in die Arbeit teilt: Der eine sammelt, der andere notiert, oder der eine photographiert, der andere schreibt schreibt genau auf, was alles auf der Photographie zu sehen ist.

22. Bestandesaufnahme

Im ersten Teil haben wir den Standort als solchen nach seinen klimatischen, edaphischen, biotischen Faktoren untersucht und versucht, in der Pflanze die Gesamtwirkungen der Faktoren zu erkennen. In diesem Teil wollen wir die Vegetation selber untersuchen, die Vegetation, die auf dem Standort gedeiht, wie sie sich als zusammengehörige Pflanzengesellschaft uns darbietet. Oft wird es leichter fallen, die Vegetation zu untersuchen als den Standort. Von der Vegetation können aber dann auch gut Rückschlüsse auf die Standortsfaktoren gezogen werden, denn sie reagiert unfehlbar auf die Faktoren. Tritt also ein Vegetationswechsel ein, so ist das für uns ein klares Zeichen, daß der Standort sich verändert hat, daß ein oder mehrere Faktoren in geringerem oder stärkerem Maße sich verändert haben.

Was beobachten wir? Wir beobachten die Pflanzen in ihrem Haushalt. Die Bausteine, aus denen sich alle Bestände zusammenfügen, sind Pflanzenindividuen, denen wir, um sie handhaben zu können, Namen geben, die Sippennamen. Unter den Sippennamen ist der Artname uns das notwendigste Arbeitsmaterial, häufig aber auch der Name der Unterart oder Varietät. Dieses Ausgangsmaterial wird uns von der Systematik geliefert, sie hat uns mit den Pflanzenarten bekannt gemacht. Wir müssen aber nicht

nur mit den Arten im allgemeinen bekannt sein, sondern im speziellen mit denen des oder der Gebiete, deren Vegetation wir untersuchen wollen, mit anderen Worten, wir müssen die Flora des Untersuchungsgebietes kennen. In der Praxis macht es sich gewöhnlich so, daß man neben den Bestandesuntersuchungen auch die Kenntnis der Flora des Gebietes vertieft und in einer Florenliste niederlegt.

Hier muß auf eine Ausdrucksvermischung aufmerksam gemacht werden. Diese Florenliste, oder kurz „Flora", wird häufig als „Standortskatalog" bezeichnet. Der Ausdruck Standort in diesem Wort hat aber garnichts zu tun mit dem allgemein gültigen Terminus technicus „Standort" als der Summe der an einer Örtlichkeit auf die Pflanzenwelt wirkenden Faktoren, sondern hier sollen nur die Orte des Vorkommens, die Fundstellen, damit bezeichnet sein. Man spreche also in diesem Fall von den Wuchsstellen oder Fundstellen und nicht von einem Pflanzenstandort. Die Zusammenstellung der Fundstellen kann am besten als Florenliste bezeichnet werden, event. als Fundstellenliste, Fundortsliste oder Fundortskatalog, wenn man nicht gern auf den „Katalog" verzichtet. Es wird zwar ziemlich schwierig sein, das Wort Standort, das für die beiden total verschiedenen Begriffe alteingebürgert ist, aus dem einen Begriff zu entlassen, um es dem anderen Begriff eindeutig zu erhalten. Die Defitinionen dieser beiden Begriffe lauten also:

„Unter **Standort** versteht man nach den Beschlüssen des Brüsseler Kongresses die Gesamtheit der an einer geographisch bestimmten Örtlichkeit wirkenden (klimatischen, edaphischen, biotischen, orographischen) Faktoren."

Die Stellen, an denen eine Pflanze vorkommt, sind ihre Fundstellen oder Fundorte (aber nicht Standorte) und die Zusammenstellung derselben eine Florenliste oder **Fundortsliste** oder Fundortskatalog (nur ja nicht Standortskatalog.)

Es ist die autochorologische Geobotanik, die uns mit der Verteilung der Pflanzenarten auf der Erde wie mit der Florenliste einer bestimmten Gegend bekannt macht. Wir haben es in einem Gebiet mit einer gegebenen Flora zu tun, die historisch bedingt ist. Wanderungsmöglichkeit und Wanderungshindernisse, die Orte der Entstehung der Arten, sind mitbedingend. Viele Arten haben

lange nicht alle ihnen ökologisch zusagenden Örtlichkeiten auch wirklich erreicht und besiedelt.

Ist nun die Flora des Gebietes gegeben, so gehen wir an die Aufnahme der Vegetation, der Haushaltsgruppen, der Pflanzengesellschaften. Was gehört aber zu einer Gesellschaft?

Stellen wir uns nun hinaus ins Feld, z. B. in eine Wiese. Wie soll man die Aufnahme machen. Soll alles aufgeschrieben werden, was man weit und breit sieht? Hier mache man einen scharfen Unterschied zwischen dem Ausdruck Standort und der Örtlichkeit.

Unter Örtlichkeit (Lokalität) verstehen wir einen kleinen Teil der Erdoberfläche, den zu untersuchen wir uns eben anschicken. Wir fassen Örtlichkeit als rein geographischen Begriff.

Der Standort des aufzunehmenden Bestandes hingegen ist durch seine Ökologie charakterisiert. Derselbe Standort ist es nur solange die Faktoren nicht wechseln, d. h. nicht so wesentlich wechseln, daß wir die Differenz erfassen können. Etwelcher Wechsel ist überall, nicht ein Kubikmillimeter des Erdballs ist identisch in sämtlichen möglichen Eigenschaften mit einem andern. Der Wechsel muß also die Schwelle unserer Beobachtungsmöglichkeit oder der Reaktionsfähigkeit der Vegetation überschritten haben.

Setzen wir uns in eine Narduswiese auf der Alp. Nehmen wir die ganze Örtlichkeit auf, so erhalten wir die Pflanzen des Nardetums, aber auch die Sumpf- oder Quellflurpflanzen des durchlaufenden Bächleins und die Felspflanzen eines eingesprengten Felsblocks. Diese gehören aber nicht zur Bestandesaufnahme der Alpenmatte, das sind zwei andere Standorte. Zur Aufnahme der Pflanzengesellschaft dieser Örtlichkeit müssen wir drei verschiedene Bestandesaufnahmen machen. Diese Aufnahmen sollen uns mit der Zusammensetzung einer Pflanzengesellschaft und ihren Bedingungen bekannt machen.

Aus den Aufnahmen der Einzelbestände soll das Gesetzmäßige hervorgehen; wir wollen die abstrakte Gesellschaftseinheit, die Pflanzengesellschaft und besonders die Assoziation erkennen lernen.

Wie der Ausdruck „Sippe" eine taxonomische Einheit jeden Ranges, jeder Wertigkeit bedeutet, der Ausdruck „Art" dagegen eine taxonomische Einheit bestimmter Wertigkeit, so ist auch die Pflanzengesellschaft eine soziologische Einheit jeder Wertigkeit, die Assoziation aber eine soziologische Einheit bestimmten Ranges.

Wollen wir daher eine Pflanzengesellschaft kennen lernen, so müssen wir ihre Bestandteile kennen lernen; von den Bestandteilen müssen wir die Verbreitung, die Häufigkeit, die Regelmäßigkeit des Vorkommens usw. untersuchen. Die Untersuchungsfragen, die wir an die Pflanzengesellschaft und ihre Konstituenten richten, lassen sich etwa folgendermaßen gruppieren:

Untersuchungsfragen:

1. Was kommt im Einzelbestand vor? Artenliste.
2. Was für eine Bedeutung kommt jeder Art durch Gestalt oder Zahl der Individuen zu? Mengenverhältnisse.
   a) In wievielen Exemplaren in einem Bestand kommt die Art vor? Abundanz sens. str.
   b) In welchem Grade herrscht die Art im Bestande? Dominanz und Deckungsgrad.
   c) In welcher Häufungsweise tritt die Art auf? Geselligkeit.
3. Wie regelmäßig zeigt sich die Art in verschiedenen Aufnahmen derselben Pflanzengesellschaft? Konstanz.
4. Wie eng ist die Art an bestimmte Gesellschaften gebunden? Gesellschaftstreue.
5. Welche Lebensformen treten in der Gesellschaft auf und zu was für Gruppen vereinigen sich diese? Lebensformen und Schichten (Synusien).

Für jede der Fragen 2—4 kann eine Skala aufgestellt werden von sehr reichlich und dominierend bis zu vereinzelt, von sehr konstantem Auftreten bis zu ganz zufälligem, von großer Treue zur bestimmten Gesellschaft bis zum Indifferentismus. Die Bedeutung der Art erhöht sich natürlich, wenn sie in mehreren Kategorien von Bedeutung ist, wenn sie neben konstantem Auftreten auch einen bedeutenden Grad von Treue zu einer Gesellschaft zeigt und wenn sie dazu noch in großer Menge auftritt. Darauf wird noch näher einzutreten sein nach der Behandlung der einzelnen Fragen.

Die Unterscheidung dieser verschiedenen Untersuchungsfragen hat sich naturgemäß erst in neuerer Zeit mit der Entwicklung der ökologischen Geobotanik auseinandergeschält. Früher wurden einige davon mehr oder weniger klar getrennt, öfter aber nicht auseinandergehalten; im Gegenteil noch vermischt mit der forschungshistorisch älteren autochorologischen Frage, die lautet:

In welchen Gebieten und in wieviel Fundstellen eines geographischen Gebietes kommt die Art vor? Verbreitung.

Es ist dies die erste Frage der „Floristik".

In bunter Vermischung wurden daher auch die Ausdrücke häufig, verbreitet, zerstreut usw. für verschiedene Dinge gebraucht.

Bevor man von Pflanzengesellschaften sprach, wurde diese Verbreitung schon stets berücksichtigt, daneben wurde seit Schouw und Oswald Heer auch auf die Menge Rücksicht genommen, d. h. das Mengenverhältnis aus dem allgemeinen Ausdruck: „verbreitet" herausgeschält. Darin spielte das Berücksichtigen der noch nicht ausdrücklich genannten Pflanzengesellschaft mit. Im Laufe der Zeit dachte der eine Forscher bei seinen Bezeichnungen mehr nur an die geographische Verbreitung, der andere schon mit an die soziologische. Dieselben Ausdrücke schließen bald mehr bald weniger ein, es entstehen Divergenzen, sodaß man die Vegetation verschiedener Länder nach den Literaturangaben meist nicht ohne weiteres vergleichen kann. Aber auch nachdem sich durch das Abtrennen der autochorologischen Verbreitung die Lage etwas geklärt hatte, blieben die Fragen nach Abundanz und Konstanz fast stets gemischt und sind es größtenteils heute noch; sie können auch nicht bei allen Arbeiten vollständig getrennt werden. Bei eingehenden Studien in einem Gebiet sollen und können sie stets getrennt gehalten werden und dadurch die Einsicht in die Verhältnisse vertiefte sein. Bei weniger eingehenden Arbeiten (Survey) läßt sich die synthetische Konstanz nicht klar ausführlich abstrahieren, da Einzelbestand und Bestandestypus meist nicht mehr reinlich getrennt erscheinen. Bei solchen Vegetationsaufnahmen wird meist statt Abundanz- und Konstanzbestimmungen ein Mittelweg eingeschlagen, um ein anschauliches Bild ohne zu großen Zeitaufwand zu erhalten. Statt vieler Einzelbestände werden die als zur gleichen Gesellschaft gehörig geschätzten Bestände zusammen aufgenommen, was auf der Gesellschaft verbreitet vorkommt, als konstant taxiert. Diese Abtraktionen sind durchaus nicht als falsch zu bezeichnen, sie können, besonders bei guter Schulung des Forschers, schöne Annäherungsresultate geben. Es ist aber anzustreben, daß in Zukunft die Fragen klar auseinandergehalten werden, jede für sich untersucht und beantwortet werde; erst dann ist eine Pflanzengesellschaft gut charakterisiert.

Von den Fragen richtet sich die Abundanzfrage an den Einzelbestand. Es ist die Analyse des Einzelbestandes und zwar die

quantitative. Die Konstanzfrage richtet sich an die Assoziation, an die Pflanzengesellschaft, den Bestandestypus, der daraus als Synthese hervorgeht. Es ist von Wert, zwischen der Analyse und der Synthese der Pflanzengesellschaft zu unterscheiden, um klare Begriffe zu erhalten. Einzelbestände müssen analysiert werden, der Bestandestypus, die Assoziation, dann aber synthetisch aufgebaut werden.

Man unterscheide also:

I. Analyse.
  a) die qualitative Bestandesanalyse, das ist die Artenliste einer Aufnahme,
  b) die quantitative Bestandesanalyse (oder Siedlungsanalyse, wie es Gams nennt), die in den Abundanzfragen studiert wird.

II. Synthese.
  a) die quantitative Bestandessynthese, die durch die Konstanzfrage die eigentliche Gesellschaftseinheit aufbaut,
  b) die qualitative Bestandessynthese, wie man dann vielleicht die Ergebnisse der Treuefrage nennen könnte.

Gehen wir zur Untersuchung der einzelnen Fragen über, zuerst zu den Verbreitungsverhältnissen der Arten, die, wie schon gesagt, nicht eigentlich hierher gehören, von denen wir also die Wegweisung begründen müssen.

Verbreitungsverhältnisse.

Diese Verhältnisse sind autochorologischer, „floristischer" Natur. Man geht den einzelnen Arten nach, um ihre Fundstellen auf der Erde sicherzustellen. Diese werden in den „Floren" niedergelegt und mitgeteilt, ob eine Pflanze selten, sehr selten oder verbreitet ist. Es bezieht sich dies auf die Menge der geographischen Örtlichkeiten, ohne irgend etwas über den „Standort", also über den ökologischen Faktorenkomplex, auszusagen. Ferner wird hier mitgeteilt, wie die Pflanze über die Erde verteilt ist, ob sie nur eine kleine Gegend bewohnt, dort also endem ist, oder ob sie kosmopolitisch ist, d. h. viele geographische Gebiete der Erde bewohnt. Hier spielt das Aufsuchen seltener Pflanzen eine große Rolle, das Feststellen der Verbreitungsgebiete der Seltenen ist eine dankbare Aufgabe, sie ist positiver Natur.

Das Feststellen der Verbreitung der gemeinen Pflanzen ist undankbar, weil die Aufgabe negativer Natur ist, man betrachtet die Art als überall anwesend und muß ihr Nichtvorkommen festlegen. An dieser Stelle mag darauf hingewiesen werden, daß das ausdrückliche Notieren des Nichtvorkommens sehr wichtig ist, leider aber meist unterlassen wird. Man denke also stets daran, es zu tun!

Außer den allgemeinen Ausdrücken „selten" und „verbreitet" besitzen wir eigentliche Verbreitungsskalen. Hervorzuheben ist die von Oswald Heer, der die Zahlen 1—10 benutzt, wobei 1 äußerst selten, 10 sehr verbreitet bedeutet. Thurmann hat diese Skala aufgenommen und in klaren Worten umschrieben:

1 äußerst selten	6 zerstreut
2 sehr selten	7 ziemlich verbreitet
3 selten	8 verbreitet
4 ziemlich selten	9 sehr verbreitet
5 sehr zerstreut	10 äußerst verbreitet

Eine ähnliche aber fünfteilige Skala wandte Sendtner (Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns, 1854, S. 712) an. Er unterscheidet 5 Stufen der Verbreitung und benennt sie mit:

1 isoliert
2 selten
3 zerstreut
4 verbreitet
5 gemein.

Sehr allgemein werden die Buchstaben r = rarus
und c = communis
gebraucht. Aus diesen Buchstaben machen Lecoq 1854 und de Candolle 1855 9 Verbreitungsgrade, die in der Flora bei jeder Pflanze angegeben werden können:

CCC	AR
CC	R
C	RR
AC	RRR
PC	

Als man begann, die Pflanzengesellschaften zu betrachten, lag es nahe, die Bezeichnungen herüberzunehmen auf die Verbreitung in der Pflanzengesellschaft, wodurch eine Vermischung mit dem Konstanzbegriff und dem Abundanzbegriff,

meist unbewußt, eintrat. Auf diese Gefahr muß hingewiesen werden, um die Scheidelinie zwischen den ökologischen und soziologischen Fragen, die wir näher behandeln, und den autochorologischen Fragen, die nicht in unsere Aufgabe fallen, deutlich zu gestalten.

Gehen wir also über zu den Fragen, die wir an die Pflanzengesellschaften richten, die bei einer genauen Bestandesaufnahme zu berücksichtigen sind.

221. Aufnahme von Lokalklima, Boden und biotischen Einflüssen.

Hier handelt es sich natürlich nur darum, was über diese Faktoren bei der Einzelaufnahme zu notieren ist; die Untersuchung dieser Fragen sind im ersten Teil besprochen worden.

Will man eine Bestandesaufnahme machen, so verfehle man nicht, außer dem Datum, der fortlaufenden Aufnahmenummer, die nötig ist, damit man jederzeit und überall auf die Originalaufnahme zurückgreifen kann und diese auch sofort im Notizbuch und auf den Etiketten der dabei gesammelten Herbarpflanzen findet, ferner die Festlegung der geographischen Örtlichkeit, der Höhe über Meer, auch stets Angaben zu machen über den „Standort". Vor allem ist das Gestein, die Bodenart und Bodenzerteilung zu nennen, Kalk-, Phosphor-, Kaligehalt, Feuchtigkeitsgehalt, Exposition, Neigung, Besonnungsverhältnisse, Windschutz usw. und Eingriffe zur Nutzung durch Beweiden, Mähen usw., Kulturart, Kulturgrad oder Urzustand.

Aus diesen Angaben bei den einzelnen Aufnahmen ergibt sich ja zum Schlusse sehr vieles über den „Standort" der Pflanzengesellschaft als solcher. Überhaupt bildet man aus diesen Angaben in der Mehrzahl der Fälle den „Standort" der Gesellschaft, außer den Fällen, wo die genauen experimentellen Untersuchungen mit den behandelten Apparaten gemacht werden, was naturgemäß nur in der Minderzahl der Fälle eintreten kann.

222. Floristische Zusammensetzung.

Wie die Flora eines Gebietes sich zu Pflanzengesellschaften gruppiert, zusammenschließt, hängt von der Zusammenwirkung der Faktoren ab und der Fähigkeit der einzelnen Art, ihren Haushalt danach einzurichten. Die floristische Zusammensetzung der Pflanzengesellschaft ist also, nachdem der Artbestand eines geographischen Gebietes aus historischen Verhältnissen gegeben ist,

ein Resultat der Gesamtwirkung der Ökologie und für das Studium der Pflanzengesellschaften von hoher Bedeutung. Und zwar gehört die gesamte Liste dazu. Ob nachher die Studien mehr die eine oder die andere Richtung einschlagen, ob mehr ökologisch oder mehr floristisch, das Arbeitsmaterial sind immer die Pflanzen und diese müssen zur Handhabung Namen haben; man muß also die Sippennamen des Materials kennen, meist genügen die Artnamen, in besonderen Fällen sind Varietätennamen notwendig. Auch wenn man nur von Lebensformen sprechen will, so sind sie doch nur an Pflanzen zu studieren und diese Pflanzen haben wiederum zur Handhabung eben einen Namen. Man kann also der Namen nie entbehren, auch wenn man ohne Berücksichtigung floristischer Fragen nur ökologisch arbeiten will.

In der Praxis müssen leider oft Einengungen gemacht werden. Sehr oft wird die Liste auf gewisse Pflanzenkategorien beschränkt, z. B. auf die Phanerogamen und Gefäßkryptogamen. Es ist aber sehr erwünscht und notwendig, daß die andern Kryptogamen mitbehandelt werden, sie sind in vielen Fällen stark maßgebend. Ich will nicht weiter darauf eingehen, warum diese so oft vernachlässigt werden.

Die Aufnahme dehne man räumlich nicht zu weit aus, sondern nur soweit, als man keine Veränderung der Vegetationsdecke bemerkt. Wo eine Veränderung eingetreten ist, auch ohne daß man sofort die Ursachen entdeckt, mache man eine selbständige, neue Aufnahme. Es kann sich der Grund der Veränderung später ohne weiteres ergeben. Wie schon betont, bedingt ein Fels in einer Wiese oder ein durchfließender Bach für ihre Vegetation eigene Bestandesaufnahmen.

Zustand der Pflanzen.

Gut ist es, wenn phänologische Notizen bei den einzelnen Arten der Liste angebracht werden: ob die Art in Knospen, in Blüte, abgeblüht, in Frucht oder steril angetroffen worden ist. Meist wird fl. (in flore), fr. (in fructu), st. (sterilis) benutzt oder der einzelne Forscher gebraucht individuelle Zeichen. Gams[1]) 1918 (S. 363) gibt eine ganze Skala:

a) in voller Blüte
b) im Verblühen
c) in Fruchtreife (Sporenreife)

---

[1]) Zitat siehe S. 161.

d) dürr (in Ruhe)
e) im Austreiben (Keimen oder Ausschlagen)
f) belaubt, aber ohne Knospen, Blüten und Früchte
g) mit Blütenknospen
h) Herbstfärbung.

223. Schichten.

Es ist von Vorteil, die Aufnahmen nach Schichten zu ordnen. Dies ist auch meist getan worden. Die einen begnügten sich mit der Teilung in Oberwuchs und Unterwuchs.

Adamovič[1]) 1909 teilt in:

Oberholz
Unterholz
Schlinggewächse
Niederwuchs.

Ähnlich scheiden die englischen Autoren;

Tree layer
Shrub layer
Climbers
Ground vegetation.

Etwas eingehender wollen wir die Methode von Hult beschreiben.

Bestandesanalyse nach Hult.

Hult[2]) hat schon 1881 sehr eingehend Bestandesaufnahmen veröffentlicht. Die Mengengrade hat er in 12 Stufen aufgenommen und diese zur Anwendung in seinen graphischen Darstellungen auf 5 reduziert. Außer der Menge teilte er den Bestand in Schichten ein. Er unterscheidet:

Bodendecke	bis 3 cm	Höhe
niedrigste Feldschicht	„ 1 dm	„
mittlere „	„ 3 dm	„
höchste „	„ 8 dm	„
Strauchschicht	„ 2 m	„
Niederwaldschicht	„ 6 m.	„
Hochwaldschicht	darüber	

[1]) Lujo Adamovič. Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer (Mösische Länder) umfassend Serbien, Altserbien, Bulgarien, Ostrumelien, Nordthrakien und Nordmazedonien. Vegetation der Erde von Engler und Drude XI. Leipzig 1909.

[2]) Ragnar Hult, Försök till analytisk Behandling af Växtformationerna. Meddel. Soc. pro Fauna et Flora fennica, 8, 1881.

Er teilt die Gewächse in Formen ein, die, wie er sagt, nicht zur Klassifikation dienen sollen, sondern nur da sind, um eine klarere Übersicht zu geben. Seine 43 Formen faßt er zusammen in 10 Grundformen, nämlich:

I.	Nadelhölzer	VI.	Kräuter
II.	Laubhölzer	VII.	Schlingpflanzen
III.	Sträucher	VIII.	Torfmoose
IV.	Zwergsträucher, Reiser	IX.	Laubmoose
V.	Gräser	X.	Flechten.

Vermittelst dieser drei Kategorien: der Mengenverhältnisse, der Schichtverhältnisse und der Grundformen stellt Hult einen Bestand graphisch dar.

1. Beispiel (Fig. 62)

Jede Schicht erhält einen horizontalen Streifen,

zuoberst Schicht	5	Hochwald,
dann Schicht	4	Niederwald,
	3	Strauchschicht,
	2c	höchste Feldschicht,
	2b	mittlere „ ,
	2a	niedrigste „ ,
	1	Bodendecke.

In die senkrechten Kolonnen werden seine fünf Häufigkeitsgrade eingetragen, der häufigere jeweilen doppelt so breit als der vorhergehende. Hinter die Horizontalstreifen wird die Zahl der Grundformen gesetzt, die in jener Schicht herrschen.

Aus der Figur lesen wir: geschlossener (M 5) Nadelholz (I)-Hochwald (S 5) ohne Gesträuch (-4, -3); spärliche (M 2), mittelhohe (S 2b) Zwergstrauchschicht (IV); reichliche (M 4), niedrige (S 2 a) Zwergstrauchschicht und deckende (M 5) Flechten (X)-Bodenschicht (S 1).

Hult hat diese Aufnahme am 12. August 1877 in Kittilä in Kemi Lappmark gemacht: Es ist die Hochwaldschicht *Pinus silvestris*-Hochwald mit eingestreut Picea. Niedrigste Feldschicht reichlich *Vaccinium vitis idaea*, zerstreut *Arctostaphylos uva ursi*, spärlich *Empetrum*, *Calluna und Festuca ovina.* Die Sträuchlein z. B. spärlich in die mittlere Feldschicht hinaufragend. Bodenschicht 5 *Stereocaulon paschale*, 2 Cladinen, Cetrarien, 3 *Hylocomium*, *Polytrichum*, 2 *Linnaea borealis*. *Epiphyten:* Baumflechten.

2. Beispiel (Fig. 63).

Spärliche (M 2) Laubhölzer (II) in der Strauchschicht; deckendes (M 5) Gebüsch (III) 30—80 cm hoch; zerstreute (M 3) Zwergsträucher 10—30 cm hoch; spärliche (M 2) Kräuter (VI) und zersträute (M 3) Torf- und Laubmoose am Boden.

Hult notiert am 27. Juli 1877 in Kolari Äkäslompolo Weidengebüsch: Strauchschicht 2 *Betula alba;* höchste Feldschicht 5 *Salix lapponum mit 3 Carex acuta, 2 Salix phylicifolia, Carex*

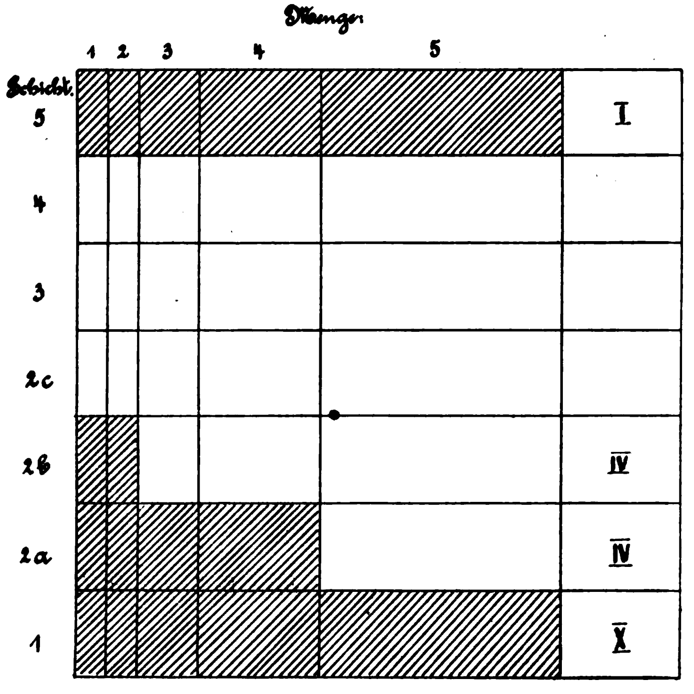


Fig. 62. Nadelwald, von Hult nach Mengengrad, Schichten und Grundformen dargestellt

aquatilis, Calamagrostis phragmitoides, Carex stricta, 1 Spiraea ulmaria; mittlere und niedere Feldschicht samt Bodenschicht spärlich verteilte Reiser, Gräser, Kräuter, Torfmoose, Blattmoose und Flechten (*Salix myrtilloides, Andromeda polifolia, Oxycoccus, Carex canescens und caespitosa, Eriophorum, Comarum, Rubus, Trientalis, Sphagna usw).*

Um zum Ausdruck zu bringen, daß die höhern Schichten mehr Masse darstellen und wichtiger sind, hat Sernander[1]) die Figur etwas modifiziert. (Fig. 64):

Moosreicher Kiefernwald mit dichter Heidelbeerdecke nach Sernander:

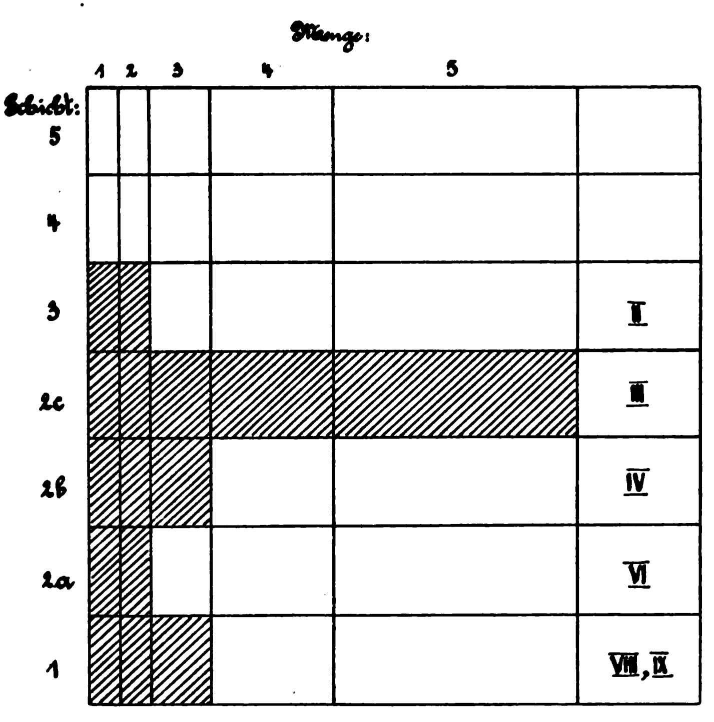


Fig. 63. Weidengebüsch, von Hult nach Mengegrad, Schichten und Grundformen dargestellt

a) Hochwald, Kiefer,
b) höchste Feldschicht, Fichte,
c) mittlere „ *Vaccinium myrtilloides*,
d) niedrige „ *Vaccinium vitis idaea, Calluna*,
e) Bodenschicht *Hylocomium parietinum*.

[1]) Rutger Sernander, Om tundraformationer i svenska fjälltrakter. Öfvers. K. V. A's Förh. Stockholm 1898. S. 19, wiedergegeben in Torsten Lagerberg, Markflorans analys pa objektiv grund. (Die Analyse der Bodenvegetation auf objektiver Grundlage), Meddelanden fran statens skogsförsöksanstalt, H. 11, Skogsvardsföreningens tidskrift 1914, S. 129—200 und deutsche Zusammenfassung S. XV—XXIV. S. 188.

224. Abundanz-Mengenverhältnisse.

Eine Pflanze, die sich unter gegebenen Standortsverhältnissen wohl befindet, wird sich gut ausbreiten können innerhalb dieses Standorts. Wenn sie auch im Wettbewerb den andern auf diesem Standort überlegen ist, wird sie massenhaft, dominierend werden. Andere Pflanzen werden einen bescheideneren Anteil an dem Bestande haben. Diese Mengenverhältnisse haben also ein großes

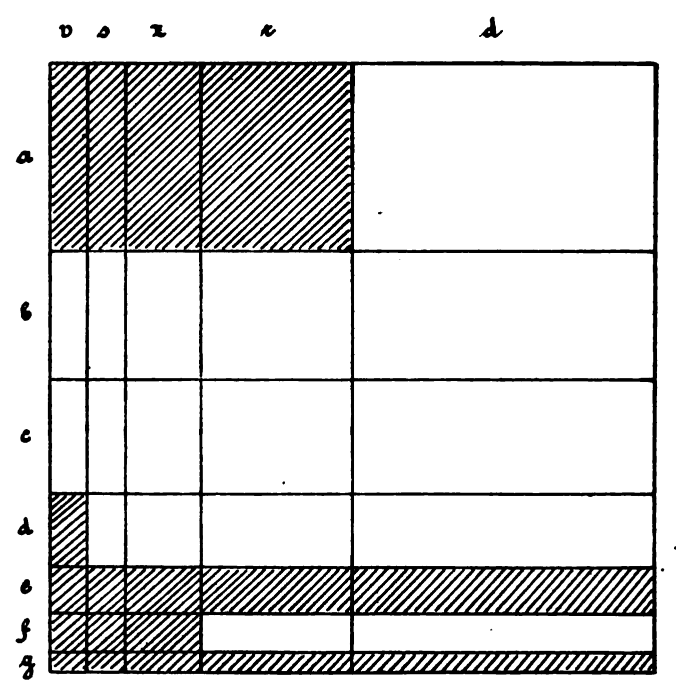


Fig. 64. Kiefernwald nach Sernander. Die Massigkeit der höheren Schichten wird zum Ausdruck gebracht

Interesse für den Untersuchenden. Zum Ausdruck dieser Verhältnisse braucht man eine Mengenskala. Die genannte Skala ergäbe natürlich eine Zählung nach den absoluten Triebzahlen: Soviel Triebe dieser Wiese gehören dieser Art, soviel jener an. Das läßt sich natürlich für einen Bestand garnicht ausführen; nur auf einem kleinen Ausschnitt, auf einzelnen Quadratmetern oder Quadrathalbmetern, ist dies möglich.

Eine andere Ziffer ergibt es, wenn man statt der Triebzahl die Zahl der von der Pflanze bedeckten Quadratzentimeter be-

stimmt. Es ergibt dies eine Mengenzahl, die besser als Deckungsgrad zu bezeichnen ist. Wieder eine andere Zahl wird erhalten, wenn man den prozentualen Anteil am Gewicht der vorhandenen Vegetation bestimmt. Auf diese Methoden wird noch zurückzukommen sein. Also man kann die Menge in absoluten Zahlen oder in Prozenten angeben. Das ist aber viel zu weitgehend im allgemeinen. Man will die Menge in einigen übersichtlichen Kategorien haben. Wieviele Kategorien zu nehmen sind, kann verschieden beurteilt werden; es fragt sich hauptsächlich darum, was ist am praktischsten und ergibt die besten Resultate. Diese sind sehr verschieden, je nach der angewandten Methode. Es handelt sich hauptsächlich um drei verschiedene Untersuchungsmethoden:

1. die Schätzungsmethode,
2. die gewichtsanalytische Methode,
3. die Zählmethoden.

Gehen wir nun an die Besprechung dieser verschiedenen Methoden.

2241. Bestandesaufnahmen nach der Schätzungsmethode

Man muß sich zuerst über eine Schätzungsskala einig sein. Da variieren nun die Ansichten zwischen 4 und 12 Abstufungen. Die älteste und wohl immer noch beste Skala ist die von Oswald Heer[1]) 1835, (S. 144), der 10 Stufen mit den Zahlen 1—10 belegt. Die Heersche Skala hat Thurmann[2]) in Pruntrut im Berner Jura 1849 wieder aufgenommen und den 10 Ziffern auch Worte zugefügt. Er nennt:

1	comme isolé,	6	peu abondant,
2	très distant,	7	assez abondant,
3	distant,	8	abondant,
4	assez distant,	9	très abondant,
5	point abondant,	10	excessivement abondant.

[1]) Oswald Heer, Die Vegetationsverhältnisse des südöstlichen Teils des Kantons Glarus; ein Versuch die pflanzengeographischen Erscheinungen der Alpen aus klimatologischen und Boden-Verhältnissen abzuleiten. Fröbels und Heers Mitteilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde, I, 3, Zürich 1835.

[2]) Jules Thurmann, Essai de Phytostatique, appliqué à la châine du Jura et aux contrées voisines, ou étude de la dispersion des plantes vasculaire envisagée principalement quant à l'influence des roches soujacentes. Bern 1849.

Abundanz - Häufigkeit - Reichlichkeit - Mengenverhältnisse

Heer 1885. S. 144	Thurmann 1849, S. 25	Lecoq 1844 u. 1862, S. 398		Schröter 1892, S. 99	Hult 1881, S. 17 a	b	Sendtner 1854, S. 722	Engler	Drude
1	1 comme isolé	1			rr	vereinz. 1 sol.	k^1	1 sol.	vr
			accidentelles		r	enstaka	einzeln		
					1	spärlich	k^2		r
2	2 très distant	2		Akzessorische Bestandteile	2	2 parc. spridda	spärlich	2 sp.	
									o
3	3 distant	3			3	zerstreut	k^3		
			accessoires			3 spars.	Gesellsch.	3 cop.[1]	f
4	4 assez distant	4			4	strödda			
5	5 point abondant	5			5		k^4	4 cop.[2]	a
6	6 peu abondant	6			6	reichlich 4 cop. rikliga	Menge		
7	7 assez abondant	7	essentielles	Nebenarten	7			5 cop.[3]	
8	8 abondant	8			8				sd
9	9 très abondant	9			9	deckend 5 soc. ymniga	k^5 Unzahl		
10	10 excessivement abondant	10	dominantes	Hauptarten	10			6 soc. greg.	d 1 stw 1 a 1 f 1 d

Lecoq[1]) 1844 nimmt ebenfalls die Zahlen 1—10, wobei 1 vereinzelt bedeutet und die Zahlen steigen bis zu 10, wenn eine Pflanze stark dominiert.

Sendtner[2]) 1854 benutzt die 5 Stufen:

k^1 einzeln,
k^2 spärlich,
k^3 gesellschaftlich,
k^4 in Menge,
k^5 in Unzahl.

Hult hat in seinen ausgezeichneten Forschungen ebenfalls die Zahlen 1—10 benutzt und hat bei den vereinzelt vorkommenden noch zwei Stufen beigefügt:

r = rare,
rr = rarissime.

Er benutzt also im ganzen 12 Stufen. In der Publikation (1881) reduziert er die Stufen, um sie figürlich eher darstellen zu können, auf 5, indem er 2—3 der früheren zusammenfaßt und zwar zieht er folgendermaßen zusammen und benennt die einzelnen Stufen:

r + rr	= 1, solitarius	= vereinzelt	= enstaka,
1 + 2	= 2, parcus	= spärlich	= spridda,
3 + 4	= 3, sparsus	= zerstreut	= strödda,
5 + 6 + 7	= 4, copiosus	= reichlich	= rikliga,
8 + 9 + 10	= 5, socialis	= deckend	= ymniga.

Fast dieselben Ausdrücke verwendet Drude, nur daß er 6 Stufen benützt, die etwa auch zu 4 zusammengezogen werden. Nämlich:

solitarius	$copiosus^2$
sparsus	$copiosus^3$
$copiosus^1$	socialis.

Diese 6 werden zu 4, wenn man nur copiosus sagt und nicht die 3 Grade von copiosus nimmt. Prinzipiell macht dies naturgemäß den Unterschied, daß, wenn man nur einen copiosus-Grad benutzt, der socialis-Grad sich nach unten ausdehnt und der

[1]) Henri Lecoq, Traité des plantes fourragères ou Flore des prairies naturelles de la France. Paris 1844.

[2]) Otto Sendtner, Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf Landeskultur. München 1854.

sparsus-Grad nach oben, d. h. mit der 10-teiligen Skala verglichen wird die 6-teilige ungefähr entsprechen:

sol.	= 1
spars.	= 2
cop.^{1}	= 3—4
cop.^{2}	= 5—6
cop.^{3}	= 7—8
sol.	= 9—10

Hingegen wenn man nur 4 Teile unterscheidet:

sol.	= 1
spars.	= 2—3
cop.	= 4—7
soc.	= 8—10

Die Zahl 3 wird das eine Mal als spars., das andere Mal als cop.^{1} figurieren, ebenso 7 als cop.^{3} oder soc.

Mit den 5 Hultschen Stufen decken sie sich natürlich auch nicht vollständig, besonders 2 heißt hier parcus, dort sparsus, dagegen 3 dort erst sparsus, hier mindestens cop.^{1}.

Ebenfalls in der Hauptsache 5 Teile benutzen die Engländer:

r. rare = vereinzelt (hie und da noch vr = very rare),
o. occasional = gelegentlich,
f. frequent = häufig,
a. abundant = reichlich,
d. dominant = deckend.

Das ließe sich mit der 5-teiligen Hultschen Skala identifizieren, in den Zahlen 1—5 = 1—5 natürlich gut, beim Ausdruck in Worten heißt 3 in einem Fall „zerstreut“, im andern „häufig“, was auf eine verschiedene Beurteilung dieses 3. Grades hindeutet.

Einige Beispiele mögen das Vorgehen erläutern. Je nach Bedürfnis werden die Pflanzen einer Aufnahme nach der systematischen Reihenfolge aufgezählt mit Hinzufügen des Menge-Buchstabens, oder die Liste wird nach Mengekategorien geordnet oder nach Schichten:

Beispiel aus einer Eichenwald-Aufnahme.

Quercetum sessiliflorae aus den Penninen-Bergen in England (A. G. Tansley, Types of British vegetation, Cambridge 1911, S. 128):

Bäume:

Prunus cerasus	l	*Ulmus glabra*	f
Sorbus aucuparia	f	*Quercus sessiliflora*	d
Ilex aquifolium	o	*Fraxinus excelsior*	la

usw.

Sträucher:

Ulex gallii	l	*Prunus padus*	la
Ulex europaeus	f	*Rubus spec.*	a
Prunus spinosa	o	*Rubus caesius*	r

usw.

Bodenvegetation:

Anemone nemorosa	f	*Trollius europaeus*	r
Ranunculus auricomus	l	*Aquilegia vulgaris*	r
Ranunculus ficaria	la	*Caltha palustris*	f

usw.

Oder nach der Menge geordnet:

dom.

Calluna vulgaris.

loc. sub-dom.

Vacc. myrtillus — *Arctostaphylos uva ursi*
Vacc. vitis idaea — *Erica tetralix*
Empetrum nigrum

loc. abundant.

Erica cinerea — *Nardus stricta*

frequent.

Polygala vulgaris — *Potentilla erecta*
Antennaria dioeca — *Galium saxatile*
Luzula multiflora usw.

sparse or local.

Genista anglica — *Trientalis europaea*
Melampyrum pratense — *Juniperus communis.*

Als Aufnahmebeispiel mit der Zehnerreihe, wie sie Thurmann, Lecoq, Schröter usw. gebrauchen, diene ein Rasenläger im Val Muragl bei Pontresina, (Rübel, Bernina 1911, S. 139):

Poa annua	8	*Ligusticum mutellina*	1
Poa alpina	4	*Myosotis pyrenaica*	1
Cerastium cerastioides	6	*Cirsium spinosissimum*	1
Chenopodium bonus henricus	1	*Taraxacum officinale*	1
Ranunculus geraniifolius	1		

Dominanz und Deckungsgrad.

Braun führt bei der Schätzungsmethode auch den bei der Zählmethode besonders von den Skandinaviern ausgearbeiteten Deckungsgrad ein; in den bisherigen Skalen war er stets mitein-

begriffen gedacht. Braun[1]) 1918, S. 11 unterscheidet nun ausdrücklich des absolute Mengenverhältnis, die Abundanz im engeren Sinn und das relative Mengenverhältnis oder Deckungsverhältnis, Dominanz in je 5 Stufen:

Abundanz:

5	sehr zahlreich	très abondant
4	zahlreich	abondant
3	wenig zahlreich	peu abondant
2	spärlich	rare
1	sehr spärlich	très rare

Deckungsgrad (Dominanz):

5	vorherrschend	prédominant
4	mitbestimmend	codominant
3	zurücktretend	peu apparent, diffus
2	untergeordnet	effacé
1	völlig untergeordnet oder verschwindend	totalement effacé ou disparaissant.

Für die Praxis empfiehlt er jedoch auch die Abundanz nicht zu scheiden sondern durch eine einzige Zahl auszudrücken.

Bei Linkola 1916[2]) (S. 40) finden wir auch eine Unterscheidung von „Menge" und „Dichtigkeit", er stellt dort die beiden Kategorien folgendermaßen nebeneinander:

Menge der Pflanzenindividuen

cpp.	copiosissime	sehr reichlich
cp.	copiose	reichlich
st. cp.	sat copiose	ziemlich reichlich
sp.	sparsim	zerstreut
st. pc.	sat parce	ziemlich spärlich
pc.	parce	spärlich
pcc.	parcissime	sehr spärlich.

[1]) Josias Braun-Blanquet. Eine pflanzengeographische Exkursion durchs Unterengadin und in den schweizerischen Nationalpark. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 4, hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Zürich 1918.

[2]) K. Linkola, Studien über den Einfluß der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee. Acta Soc. pro Fauna et Flora fennica, 45, 1, Helsingfors 1916.

Dichtigkeitsskala Norrlins

Deckend.

10	Grad der Beimischung anderer Arten	1—4
9	„ „ „ „ „	4—6
8	„ „ „ „ „	6—7½

Reichlich.

7	Zwischenraum zwischen Individuen der fraglichen Art	2½—15 cm
6	„ „ „ „ „ „	15—50 cm
5	„ „ „ „ „ „	0,5—1,0 m

Zerstreut.

4	„ „ „ „ „ „	1—2 m
3	„ „ „ „ „ „	2—5 m

Spärlich.

2	„ „ „ „ „ „	5—10 m
1	„ „ „ „ „ „	über 10 m

1 — Vereinzelt.

Geselligkeit

Neben den Mengengraden benutzt Drude noch den Ausdruck „gregarius" für die herdenweise vorkommenden Pflanzen. Dies kann mit jedem der Mengengrade verbunden werden. Die Engländer benutzen dafür:

1 = locally = stellenweise
1d = stellenweise dominierend
1a = „ reichlich
1f = „ häufig,

stw-stellenweise läßt sich natürlich auch mit den Zahlen zusammen verwenden, sogar noch genauer, z. B.

2 stw 4 = $\underline{2}$—4 = meist spärlich, stellenweise aber in größeren Mengen oder Gruppen.

Diese Verhältnisse faßt nun Braun (1918 Unterengadin S. 10) genauer an. Er nennt dies die Geselligkeit-Sociabilité und unterscheidet, statt nur das eine greg. anzufügen, 5 Grade dieser Geselligkeit:

5	herdenweise	peuplement
4	scharenweise	petit peuplement
3	truppweise (größere Polster)	troupe (coussins)
2	gruppenweise (Horste)	groupe (touffes)
1	einzeln	isolé.

2242. Gewichtsanalytische Methode

Das Abschätzen nach den Mengegraden hat naturgemäß viel Subjektives an sich. Bei den forst- und landwirtschaftlichen Untersuchungen hat man vielfach versucht, mehr oder weniger von den subjektiven zu statistisch objektiveren Methoden zu gelangen, die an ihren Stellen Gutes wirken.

Stebler und Schröter[1]) haben ausgedehnte Wiesenuntersuchungen unternommen, die uns prächtige Einsicht in die Wiesentypen und ihre Bedingungen gebracht haben und besonders für die landwirtschaftlichen Fragen maßgebend geworden sind, aber auch für die Synökologie der Wiesen das grundlegende Werk darstellen, was zwar an den Autoren liegt, nicht an der Methode; sie hätten es mit den andern Methoden auch erreicht. In einem Bestand wählten sie zur Untersuchung einen „typischen" Quadratfuß aus. An diesem wurden alle vorkommenden Arten notiert und vom Anteil jeder einzelnen Art das Trockengewicht bestimmt. So erhielten sie den genauen prozentischen Trockengewichtsanteil jeder Art. Dabei kann man aufs genaueste die Veränderungen durch Düngung mit Kalk oder mit Phosphorsäure oder anderm, den Einfluß der Wässerung, überhaupt der landwirtschaftlich wichtigen Veränderungen studieren.

Beispiel

Burstwiese im sog. Moos bei Wangen a./A. 422 m ü. M. auf moorigem Sandboden (Anschwemmung der Aare). Untersucht den 1. Juni 1889.

	ungedüngte Parzelle	gedüngte
Gramineen	88,79 %	88,45 %
Bromus erectus	82,53	12,70
Festuca pratensis	1,78	28,62
Dactylis glomerata	1,98	11,36
Arrhenatherum elatius	1,06	19,71
Anthoxanthum odoratum . . .	0,61	0,60
Avena pubescens	0,34	7,12
Holcus lanatus	0,31	3,12
Poa pratensis	0,18	2,69
Poa trivialis	—	2,53

[1]) F. G. Stebler und C. Schröter, Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. 10. Abh. der Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. Landwirtschaftl. Jahrb. der Schweiz 6. 1892, S. 95—212.

	ungedüngte Parzelle		gedüngte	
Cyperaceen			0,09	
Carex panicea		—		0,09
Compositen	3,79		2,22	
Centaurea jacea		1,38		—
Taraxacum officinale		1,24		0,18
Tragopogon orientalis		0,74		0,24
Chrysanthemum leucanthemum		0,15		1,28
Bellis perennis		0,12		0,03
Crepis biennis		0,06		0,22
Achillea millefolium		0,07		—
Cirsium oleraceum		0,07		0,27
Verschiedene Familien	7,42		9,24	
Galium mollugo		2,98		8,48
Plantago lanceolata		2,40		0,03
Daucus carota		1,73		0,05
Glechoma hederacea		0,20		0,17
Convolvulus arvensis		0,08		–
Viola hirta		0,03		—
Ajuga reptans		—		0,09
Plantago media		—		0,17
Cerastium triviale		—		0,10
Silene inflata		—		0,15

Die mit Phosphorsäure gedüngte Parzelle vom selben Ort ist aus einer Burstwiese zum Nebentypus Festucetum pratensis des Typus Arrhenatheretum geworden.

An Stelle von *Bromus* hat sich hauptsächlich *Festuca pratensis, Arrhenatherum und Dactylis* entwickelt, während die Kleearten, weil sie dem Boden überhaupt fehlten, sich noch nicht eingestellt haben.

Diskussion der Methode

Zu dieser Methode braucht man neben außerordentlich großer Arbeit eine gute Kenntnis der Arten in sterilem Zustand, damit jedes Trieblein zur richtigen Art gerechnet wird und ein gut geschultes Personal, um Trocknung und Wägung jeder einzelnen Art richtig durchzuführen.

Daneben liegt noch sehr viel subjektives in der Methode. Zunächst die Auswahl des „typischen“ Quadratfußes. Man muß die Assoziation vorher schon gut kennen, um einigermaßen bestimmen

zu können, was ein typischer Quadratfuß ist. Es ist also nicht für Aufnahmen in wenig bekanntem Gebiet. Dann wechselt innerhalb der Vegetationsperiode sozusagen jeden Tag der Prozentsatz der einzelnen Arten, da sie zu ganz verschiedenen Zeiten ihre verschiedene Trockensubstanzproduktion haben. Für den landwirtschaftlichen Wiesenbau zwar vortrefflich, wird man für geobotanische Untersuchungen selten zu dieser Methode greifen können, da sie sich nicht auf andere Pflanzengesellschaften wie Wälder übertragen läßt.

2243. Zählmethode

Wie die gewichtsanalytische Methode von Stebler und Schröter gehören die Zählmethoden zu den Quadratmethoden mit ihren Vor- und Nachteilen. Ihre besondere Bedeutung haben die Quadrate als Dauerquadrate bei der Ermittlung der Veränderungen in der Vegetation, bei den Sukzessionen. Clements und die Skandinavier haben besonders die Quadratmethoden ausgebaut[1]) zum Studium der Mengenverhältnisse, der Saisonaspekte, detailierter Zusammensetzung des Einzelbestandes, der Sukzessionen.

Clements Zählquadrat

Im Zählquadrat wird die Anzahl der Individuen jeder Art ermittelt, worauf im Kartenquadrat das Areal jeder Art auf einer Skizze festgehalten werden kann. Die Größenverhältnisse der Quadrate hängen ganz von der zu untersuchenden Pflanzendecke ab. Soll die Baumzahl bestimmt werden, so ist ein Quadrat von 10 oder 50 m^2 nötig. Wo nicht Wald, Gebüsch oder offene Gesellschaften in Betracht kommen, genügen 1 m^2 oder 2 m^2. Clements stellt vorher die Stellen größter Artverschiedenheit fest. Ist die Variation beträchtlich, so wird es notwendig, mehr Quadrate aufzunehmen. Er legt dieselben dann an die Stellen, welche die größten Unterschiede in der Artmischung aufweisen. Es zeigte sich dabei z. B., daß unter Verwendung von einem halben Dutzend „sorgfältig ausgewählten“ Quadraten in der Prärieformation nahezu identische Resultate erzielt wurden wie mit einer viel größeren Quadratenzahl. Bei einiger Erfahrung können die verschiedenen

---

[1]) Pound and Clements, A method of determining the abundance of secondary species. Minn. Bot. Studies, 2, 1898, S. 19.

Ausführliche Behandlung in Frederic E. Clements, Research methods in ecology. Lincoln 1905, S. 161—184.

Stufengrade der Artmischung oberflächlich erkannt und so die entsprechende Anzahl der Quadrate bestimmt werden.

Wird ein Standort oder eine Pflanzengesellschaft nur einmal im Jahre aufgenommen, so soll die Jahreszeit so gewählt werden, daß die größte Zahl der vorhandenen Pflanzen erfaßt wird; in der gemäßigten Zone, so daß die Reste der Frühjahrspflanzen noch erkennbar sind, während die Herbstblüher schon genügend weit vorgeschritten sind, um bestimmt zu werden. Bei der Untersuchung verschiedener Aspekte sollte man möglichst um die Mitte jeder Periode Aufnahmen machen.

Aussteckung und Zählen

Die Linien zur Markierung der Quadrate werden aus breiten weißen Tuchstreifen hergestellt. Die Streifen werden in Dezimeter eingeteilt und kleine runde Löcher von 5 mm Durchmesser an jedem Ende und an den Teilungsstellen der Dezimeter angebracht. Meßbänder für Waldquadrate müssen von bedeutender Länge sein und in Meter eingeteilt. Die Nummerierung der Meter und Dezimeter bringt man in Farbe oder Tusche an. Als Stecker kann man Hutnadeln, Nägel, am besten sog. Häringe nehmen. Ein guter Stecker soll das Band fest an den Boden drücken und dabei leicht beweglich sein. Die Bänder sind stets so zu setzen, daß man ihre Zahlen von links nach rechts und von oben nach unten liest. Ist der Quadratmeter so ausgesteckt, so wird ein fünftes Band parallel zum obersten, 10 cm tiefer gespannt und hierauf zuerst der oberste Dezimeterstreifen aufgenommen. Dann steckt man das oberste Band 10 cm unter das zweite, nimmt den zweiten Streifen auf, usw.

Bei der Aufnahme eines Quadrates verlangt Clements, daß man zuerst die kleinen, weniger häufigen Arten notiere, weil sie leicht zusammengetreten werden, er nimmt auf einmal nur 1—2 Arten in Angriff. Büschel von Stengeln derselben Wurzel werden als einfache Pflanzen gezählt und die Zahl der Stengel als Exponent beigefügt.

Die Zusammenstellung gibt natürlich keinen Aufschluß über Höhe und Massigkeit der Individuen. Dies ist ein Nachteil, der durch Aufnahme des Kartenquadrates gehoben werden kann. Clements führt ein Beispiel der Prärieformation an: Ein Quadrat kann ausgefüllt sein von zehn Pflanzen der *Psoralea floribunda* und kann gleichzeitig 22000 Pflänzchen von *Festuca octoflora*

enthalten. Der Umfang der ersteren ist 3 • 3 Fuß, der der *Festuca* 3 • 1/4 Zoll. Clements versucht dies in einer Zahl auszudrücken, indem er den beanspruchten Raum jeder Art nach der Formel Oberfläche mal Höhe mal Abundanz bestimmt. Das ergibt für die *Psoralea* einen Wert von 210, für die *Festuca* von 1,6, was ihrer wirklichen Bedeutung in der Formation weit eher entspreche. Es kommen da aber noch andere Faktoren hinzu, was in der Zusammenfassung des soziologischen Wertes zu erörtern sein wird.

Aufnahme des Kartenquadrates

Die Aufnahme beginnt in der linken oberen Ecke und wird wie beim Zählquadrat durchgeführt. Einige Schwierigkeit bereitet das richtige Wiedergeben jeder Pflanze auf der Karte. Bei Polstern, Rasen und Moosen begnügt man sich damit, wenn die Einzelindividuen nicht erkennbar sind, die Herde auf der Karte mit einer Linie einzuschließen. Zur Bezeichnung der einzelnen Arten werden Zeichen verwendet, am besten die Initialen der betreffenden Spezies. Sämlinge macht Clements mittelst eines Striches durch den Buchstaben kenntlich.

Jede Karte wird numeriert und Örtlichkeit und Standortsfaktoren angegeben. Das Quadrat wird photographiert.

Zählmethode von Raunkiär und Lagerberg

Raunkiär hat eine Methode zum Auszählen der Mengengrade ausgearbeitet. Diese Formationsstatistik weist mit bekannter Genauigkeit kleine Änderungen in der Pflanzendecke nach. Er sucht das subjektive auszuschalten beim Feststellen der Rolle, die eine Art in einem Bestand spielt. Er nennt den Mengengrad die Valenz der Art in dem Bestand.

Er benutzt dazu einen quadratischen Rahmen, den er aufs Geratewohl in den Bestand hineinwirft. Dann notiert er alle Arten, die im Innern des Rahmens sich finden. Er wirft den Rahmen wieder aus, zählt wieder, eine große Anzahl Male. Bei der Zusammenstellung dieser erhaltenen Pflanzenlisten erhalten die Arten als Valenzzahl die Zahl der Male, die sie in den geworfenen Quadraten gezählt wurden.

Je kleiner die Quadrate gewählt werden, umso mehr werden die dominierenden Arten hervortreten und umso näher kommt man den wahren Zahlen. Die Zahl der Quadrate, die für eine richtige Beurteilung der Pflanzenmischung analysiert werden müssen, hängt

davon ab, wie schnell konstante Valenzziffern zu erreichen sind, nach wie vielen Quadratanalysen die Ziffern der dominierenden Pflanzen einen Wert angenommen haben, der sich durch Vermehrung der Quadrate nicht mehr wesentlich ändert. Je weniger Quadrate, umso eher durchführbar, je mehr Quadrate, umso sicherer das Resultat. Dazwischen muß man das Optimum des Vorgehens finden.

Raunkiär hat in einem Buchenwald mit von *Anemone nemorosa* dominiertem Unterwuchs in Jonstrup-Flur westlich Kopenhagen die Methode ausgearbeitet[1]). Er verwendete Quadrate von den Inhalten 10 m², 1 m², $^1/_{10}$ m², $^1/_{100}$ m².

Von jeder Größe machte er eine Menge Aufnahmen 10 × 10 m², 20 × 1 m², 100 × $^1/_{10}$ m², 400 × $^1/_{100}$ m².

Bei den Messungen mit $^1/_{10}$ m² zeigte es sich, daß nach 50 Zählungen das prozentuale Verhältnis der dominierenden *Anemone nemorosa* zu allen übrigen Arten der Bodendecke 68/32 war,

nach	50	60	70	80	90	100 Zählungen
	68/32	64/36	61/39	62/38	65/36	65/35

Es tritt nach 50 Zählungen bei Vermehrung keine wesentliche Veränderung mehr ein. Auf diese Art hat Raunkiär die Anzahl der notwendigen Zählquadrate bestimmt. Es sind für die verschiedenen Quadratgrößen 10 × 10 m², 20 × 1 m², 50 × $^1/_{10}$ m², 200 × $^1/_{100}$ m².

Bequemer als das Mittragen eines hölzernen Quadrates ist ein aufrollbares Stahlband, dessen beide Enden aneinander befestigt werden, so daß der eingeschlossene Kreis rund $^1/_{10}$ m² Inhalt hat. Seitenlänge des Quadrates von $^1/_{10}$ m² Fläche = 31,62 cm; Umfang des Kreises von $^1/_{10}$ m² Fläche = 112,02 cm. Ist auch theoretisch die Quadratur des Zirkels unmöglich, so ist praktisch der Kreisinhalt des Stahlbands ebenso genau $^1/_{10}$ m² wie der Inhalt des Holzvierecks. Raunkiär hat mit dieser Methode sehr schöne Untersuchungen ausgeführt.

Anstatt das Stahlband als Kreis auszuwerfen, kann man auch ganz einfach Schirm oder Stock in die Erde stecken[2]), eine Schnur daran befestigen und damit den Kreis ziehen, d. h. vorweg der Schnur entlang die Pflanzen aufschreiben, während man sie

[1]) C. Raunkiär Formationsundersögelse og Formationsstatistik. Botanisk Tidsskrift, 30. Bd. Kopenhagen 1909, S. 20—132.

[2]) C. Raunkiär. Measuring-apparatus for statistical investigations of plant formations. Botanisk Tidsskrift, 33, Kopenhagen 1912, p. 45—48.

entsprechend langsam um den Stock führt (Fig. 65). Die Länge der Schnur bildet den Radius des untersuchten Kreises:

$^1/_{100}$ m²	entspricht einem Radius	r = 5,642	= $5^1/_2$ cm
$^1/_{10}$ m²	„ „ „	r = 17,842	= 18 cm
$^1/_2$ m²	„ „ „	r = 39,897	= 40 cm
1 m²	„ „ „	r = 56,422	= $56^1/_2$ cm

Mit dieser Methode kann aber wiederum nur eine Wiese oder die Bodendecke im Wald untersucht werden, aber nicht die Gehölze selber, da man beim Auswerfen des Quadrates nie einen Baum einfangen wird, ebenso wenig Gebüsche. Dazu ist noch zu

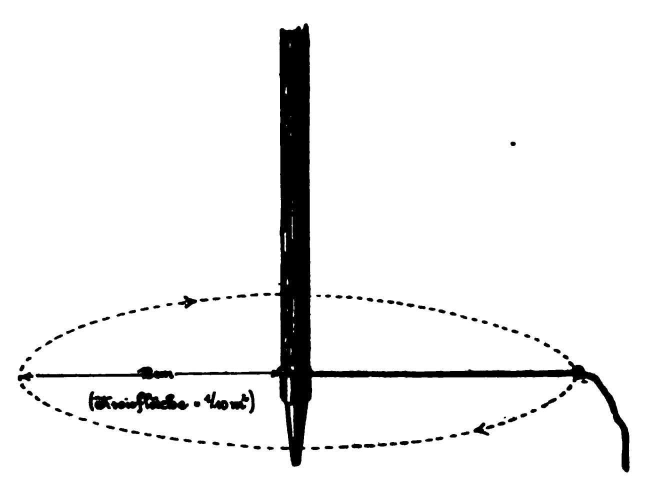


Fig. 65. Auszählen von $^1/_{10}$ m² auf die einfachste Weise mit Stock und Schnur

sagen, daß das Auswerfen aufs Geratewohl doch niemals ganz objektiv ist, man sieht schließlich subjektiv doch, wohin man ungefähr wirft, und es unterliegt der subjektiven Beurteilung, ob der Teil des Bestandes, den man zu bewerfen im Begriffe ist, noch zu diesem Bestand soll gerechnet werden oder nicht; so wenn man sich dem durchfließenden Bächlein oder dem in der Wiese liegenden Felsblock nähert.

Raunkiär verbindet auch öfter diese Valenzmethode mit der Schätzungsmethode. Er sagt (1912)[1]) (siehe auch Gams 1918, S. 376 Zitat S. 161): „Wenn man Grund hat, zu vermuten, daß durch die Valenzmethode kein richtiges Bild gegeben wird, brauche

[1]) C. Raunkiär, Formationsstatistiske Undersøgelser paa Skagens Odde. Botanisk Tidsskrift 33, Kopenhagen 1912, S. 197—243.

man die kombinierte Valenz- und Schätzungsmethode, die darin besteht, daß man innerhalb der „Stichproben", mit denen man die Valenz der Arten bestimmt, mit einer bestimmten Skala, z. B. der von Hult, das Massenverhältnis der in der Probe enthaltenen Arten schätzungsweise bestimmt. Innerhalb einer so kleinen Fläche kann das viel genauer erfolgen als innerhalb großer Siedlungen."

In der schwedischen Forstakademie in Experimentalfältet bei Stockholm werden auf den Probeflächen viele solche floristische Analysen der Bodendecke ausgeführt. Dort mußten die Valenzbestimmungen der Arten zu einer bestimmten Flächengröße im Verhältnis stehen. Damit die analysierten Quadrate den wahren Ausdruck der Fläche bilden, kann man sie in einem gewissen symmetrischen Verband anordnen. Hierdurch gewinnt man den großen Vorteil, daß man die Resultate kontrollieren kann und die Messungen wiederholen.

Lagerberg[1]) hat die Methode ausgearbeitet.

Lagerberg hatte Flächen von 25 bis 50 ar zu bearbeiten, mit oft sehr unregelmäßiger Bodenfläche. Er schreibt über sein Verfahren (S. XIX):

„Da überdies die Valenzbestimmungen der Arten hier stets zu einer bestimmten Flächengröße in Relation stehen müssen, liegt viel daran, daß die analysierten Quadrate so gewählt werden, daß sie einen wahren Ausdruck für diese Fläche bilden. Dieser Zweck wird erreicht, wenn man die Quadrate in einem symmetrischen Verband anordnet. Hierdurch gewinnt man auch den Vorteil, daß die Kontrolle des Resultats, die nach der unveränderten Raunkiärschen Methode recht unbequem ist, bedeutend erleichtert wird.

„Die floristische Analyse muß selbstverständlich auch so ausgeführt werden, daß sie den Deckungsgrad speziell solcher Arten, die für die Humusbildung von Bedeutung sind, hinlänglich genau angibt. Dies gilt besonders von den Zwergsträuchern (Heidelbeeren, Preisselbeeren, Heide). Da man nun aber die Quadratgröße nicht so wählen kann, daß sie die tatsächliche Valenz sämtlicher Arten ohne weiteres klarlegt, so erwies es sich

[1]) Torsten Lagerberg, Markflorans analys på objektiv grund, Resume: Die Analyse der Bodenvegetation auf objektiver Grundlage. Meddel. från Statens Skogsförsöksanstalt, H. 11. Skoksvårdsföreningens Tidskrift 1914, S. 129—200, XV—XXIV.

bei meinen Versuchen als notwendig, diesen entscheidenden physiognomischen Charakter auf zwei verschiedenen Wegen zu ermitteln: durch Bestimmung sowohl des Frequenzprozents, als des Arealprozents der Pflanzen. Das Frequenzprozent bildet also einen Ausdruck für die Verbreitung der Arten innerhalb der Probefläche, das Arealprozent gibt das in jedem Falle bedeckte

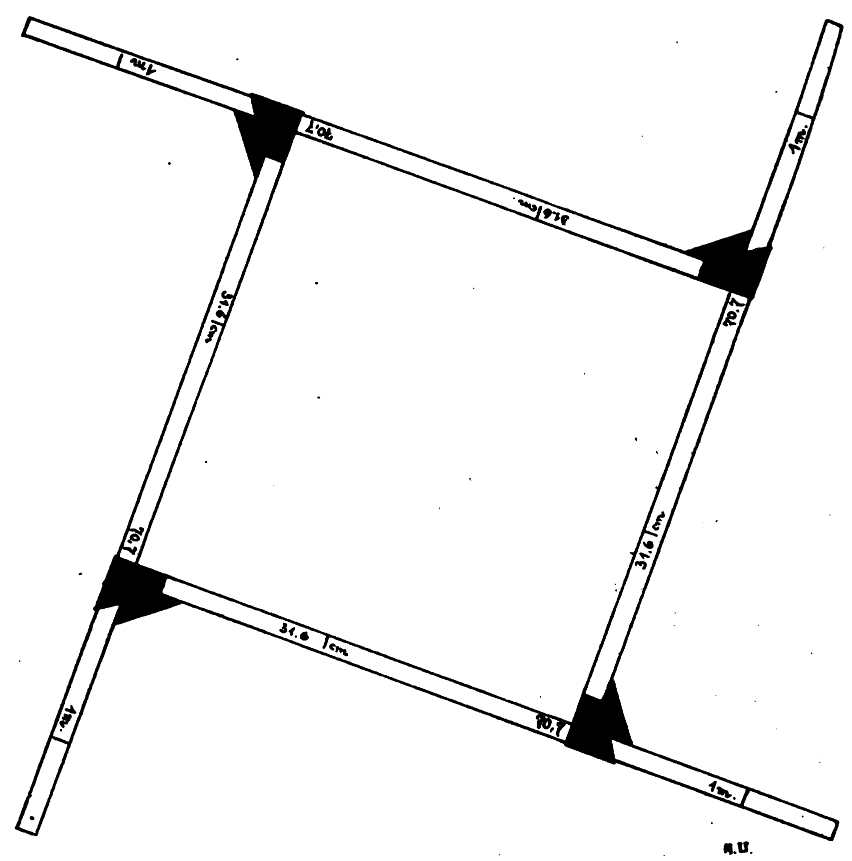


Fig. 66. Lagerbergs Zählrahmen mit verschiebbaren Schenkeln, auf $^1/_2$ m^2 gestellt

Areal an. Eine weitere Anforderung an die Methode war, daß dieselbe eine nicht allzuspärliche Artenliste liefern sollte. Man mußte deshalb eine nicht allzukleine Quadratgröße wählen, wenn man, wie es ja selbstverständlich wünschenswert ist, die Zahl der analysierten Quadrate gleichzeitig auf ein Maximum beschränken wollte.

„Um eine angemessene Quadratgröße feststellen zu können, habe ich einen Messingrahmen mit verschiebbaren Schenkeln anfertigen lassen, mit welchem rechtwinklige Flächen beliebiger Größe von 0,5 m^2 und abwärts hergestellt werden konnten (Fig. 66).

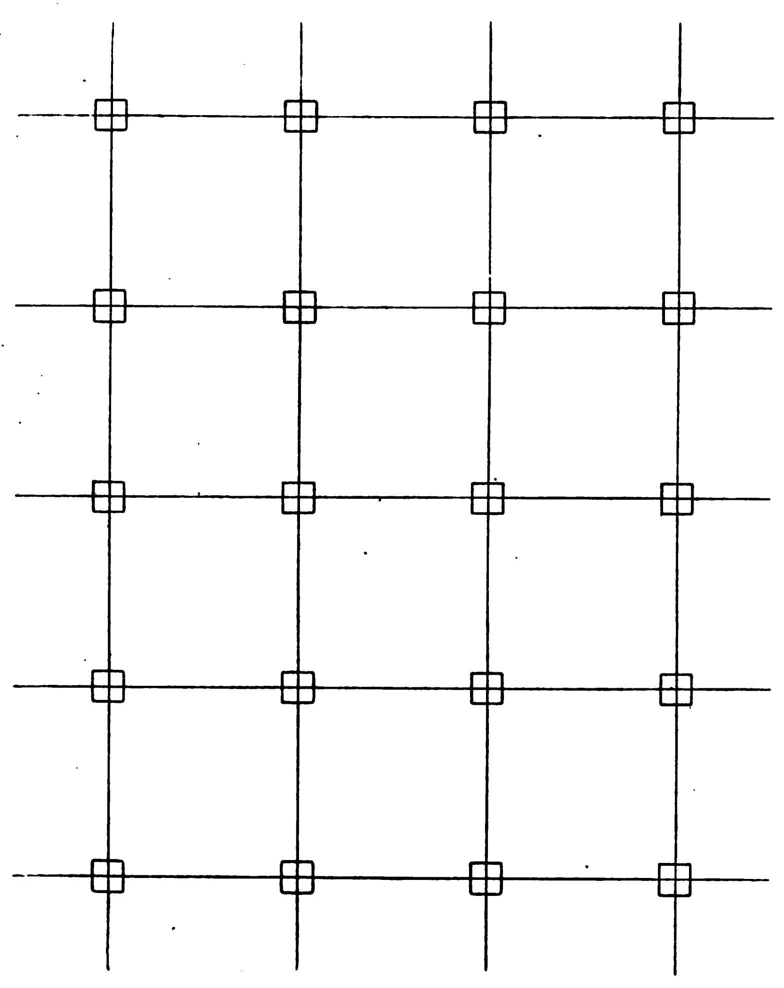


Fig. 67. Lagerbergs Zählquadrat-Verband

Eine besondere Graduierung der Schenkel erleichtert das Herstellen der quadratischen Flächen von $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$, $^1/_6$, $^1/_7$, $^1/_8$, $^1/_9$, $^1/_{10}$ m^2. Die Mittelpunkte aller dieser Quadrate sind auf der Innenseite der Schenkel markiert. Von den möglichen Größen habe ich indessen nur 0,5 und 0,1 m^2 geprüft.

„Die Verbände, nach welchen die Quadrate auf den Probeflächen geordnet wurden, waren $^2/_2$, $^4/_4$, $^8/_8$, und in einem Falle überdies $^2/_4$ m. In den quadratischen Verbänden vertritt also jedes Quadrat quadratische Teile der Probefläche bezw. von 4, 16 und 64 m² Größe, in den rektangulären rektanguläre Teile von 8 m² Größe. Die Verbände sind in der Weise zustande gebracht, daß ein System unter sich paralleler Linien rechtwinklig zu einer Grenzlinie der Probefläche abgesteckt wurde; der gegenseitige Abstand der Linien war 2 oder 4 m. In den Linien wurde ein Stahlmeßband gestreckt, und der Rahmen sodann auf alle zweiten oder vierten Meter desselben gelegt in der Weise, daß der Meterstrich mit dem Mittelpunkt des Rahmens zusammenfiel und der Rahmen selber rechtwinklig halbiert wurde (Fig. 67). Im allgemeinen wurden Quadrate auch auf die Grenzlinien ausgelegt.

„Der Verband $^8/_8$ m läßt sich auf Grundlage dessen von $^4/_4$ m leicht herstellen: man schaltet die Quadrate aller zweiten Querlinien aus und von den zurückgebliebenen Quadraten überdies noch alle zweiten. Was nun den Verband $^4/_4$ m betrifft, der bei meinen Versuchen am meisten benutzt wurde, so kann derselbe nur in dem Falle für rechtwinklige Probeflächen exakt gelten, wenn das Probeflächenareal gerade durch 16 teilbar ist."

Völlige Übereinstimmung ist indessen nicht nötig, wenn die Vegetation zu beiden Seiten der Probefläche ein und dieselbe ist. Für schiefwinklige, unregelmäßige Probeflächen ist eine Übereinstimmung überhaupt unmöglich.

Nach dem Vorkommen oder Fehlen jeder Art in den Beobachtungsquadraten wird ihr Häufigkeitsprozent berechnet, wobei aber nur Pflanzen, die im Quadrat wurzeln, berücksichtigt werden.

Schwieriger ist die Berechnung des Deckungsprozents, der nur geschätzt werden kann. Um die Schätzung möglichst objektiv zu gestalten, wird nur mit Viertelsquadraten gerechnet und es werden bedeckte Teile der Untersuchungsquadrate, die allzusehr unter die Größe eines Viertelsquadrates fallen, nicht berücksichtigt. Die Einstellung des Stahlmeßbandes auf dem Quadratrahmen gestattet, die Viertelsquadrate mit ziemlicher Genauigkeit abzuschätzen. Will man Schätzungen mit größerer Genauigkeit ausführen, so sind auch kleinere Quadratteile z. B. $^1/_8$ oder $^1/_{10}$ Quadrat mitzuschätzen, im allgemeinen wird aber die Genauigkeit auf $^1/_4$ Quadrat genügen.

In diesem letzteren Fall hat also jede Art der Untersuchungsquadrate sofern ihre bedeckte Fläche nicht viel kleiner als $^1/_4$ Quadrat ist, eine Deckungsziffer zu erhalten, die $^1/_4$, $^1/_2$, $^3/_4$ oder $^4/_4$ sein kann. Jede Art erhält die Zahl, deren Deckungsgrad ihr am nächsten steht. Die sich ergebenden Fehler mögen sich gegenseitig mehr oder weniger kompensieren.

Bei der Statistik der Aufnahme wird die Deckungsziffer jeder Art durch Addition ihres respektiven Deckungsareals in jedem einzelnen Untersuchungsquadrat ermittelt. Die erhaltene Gesamtquadratzahl, auf 0,25 genau, durch die Zahl der Untersuchungsquadrate geteilt und mit 100 multipliziert ergibt den sog. Arealprozent.

Jede Schicht im Bestand resp. im Quadrat ist natürlich auf ihren Arealprozent besonders einzuschätzen: Bodenschicht (Moose), Kräuterschicht, Baumschicht. Nicht selten erhalten zwei Arten des gleichen Quadrates die Zahl $^4/_4$.

Bei der Aufnahme empfiehlt es sich, die Zahl der Blütenexemplare und die Keimlinge festzustellen. Von besonderer Wichtigkeit ist es jedoch, den Üppigkeitsgrad jener Arten festzustellen, die für die Humusbildung von Bedeutung sind. Als Ausdruck dieser Üppigkeit wird die mittlere Maximalhöhe angesehen. Um dieselbe zu erhalten sind Messungen der höchsten Exemplare innerhalb aller analysierten Quadrate vorzunehmen.

Mittlere Fehler, sowohl der Frequenz- und Arealprozente, als auch der mittleren Maximalhöhen werden nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet. Je zahlreicher die Untersuchungsquadrate, desto geringer der mittlere Fehler. Er beträgt beim Verband $^2/_2 \pm 2\%$, beim Verband $^4/_4 \pm 10\%$ oder meist 5—6%. Die Methode kann also bei den Verbänden $^2/_2$ und $^4/_4$ mit großer Genauigkeit durchgeführt und empfohlen werden. Gegenüber der Hultschen Methode zeichnet sie sich durch große Objektivität aus. Leider ist die Methode sehr zeitraubend. Ihre Genauigkeit ist übrigens von Samuelsson und Kylin bestritten worden.

Diese zu forstwirtschaftlichen Zwecken ausgearbeitete Methode geht nun aber nicht darauf aus, eine Pflanzengesellschaft zu untersuchen, sondern darauf, eine bestimmte Probefläche nach ihrer Vegetation aufzunehmen, die nicht notwendigerweise von einer einheitlichen Pflanzengesellschaft bewachsen ist. Wenn sie daher schon objektiv ist in bezug auf die zufällig in die Quadrate fallenden Pflanzen, so gibt sie doch häufig gerade dadurch ein

ungenaueres Bild der Pflanzengesellschaft als eine Schätzungsmethode.

Kylin und Samuelsson (1916) haben in ihrer Arbeit „Några kritiska synpunkter på Bestandsanalyser" (Skogsvärdsföreningens Tidskrift Stockholm 1916) ausführlich Kritik geübt (siehe dort oder den deutschen Auszug in Gams 1918, S. 367—82). Für den Geobotaniker dürfte in den meisten Fällen diese Methode nicht empfehlenswert sein, da die Resultate nicht der aufgewendeten Zeit und Arbeit entsprechen.

Linienmethode

Querschnitte durch Pflanzengesellschaften wurden von jeher gemacht, besonders bei den Untersuchungen von Mooren und Sümpfen fanden sie vielfach Verwendung. Clements (a. a. O.) hat daraus eine Methode der Abundanzbestimmung gemacht. Er nennt diese Querschnitte Transsekte und behandelt sie ähnlich wie die Quadrate. Das einfache Linientranssekt wird durch Verbindung zweier beliebiger Punkte hergestellt und Aufnahme aller Spezies längs dieser Linie. Clements will ein Meßband von 10, 50 oder 100 m, für längere Transsekte von 500 und 1000 m Länge verwendet wissen, das in Dezimeter- oder Meterentfernung mit Löchern versehen ist. Das Meßband wird längs des zu studierenden Transsekts gespannt und mit Steckpfählen befestigt. Im Notizheft, auf der Zeichnung (Bild in Clements 1905, S. 177) werden die längs der Linie links und rechts beobachteten Pflanzen an der betreffenden Stelle der Skizze mit Namen eingetragen. Hierauf wird die Topographie des Transsekts genau aufgenommen. Transsekte seien besonders dort von Vorteil, wo die Vegetation auf kurzen Strecken starkem Wechsel unterworfen ist. Sie zeigen deutlich die Zonation und Alternation. Die Transsekte sollen stets durch den Teil des Areals geführt werden, der so „typisch" als möglich ist. Photographien der Transsekte sollen aufgenommen werden, während das Meßband gespannt ist. Im Waldland wird statt der Linie ein meterbreiter Gürtel untersucht. Notiert man obendrein die Höhe jeder Pflanze längs des Transsekts, so erhält man das „Schichtentranssekt", was bei mehrstöckigen Gesellschaften von Wert ist. Wird das Profil auch auf die unterirdischen Teile der Pflanze ausgedehnt, so nennt es Clements Bisekt. (Darüber auch S. 126).

Von forstlichen Verhältnissen ausgehend arbeitete Thore C. E. Fries für die Gesellschafts-Kartographie (siehe diese) eine Methode aus, die er „synökologische Taxierungsmethode“ nennt. Aus dieser gewinnt dann O. Arrhenius[1]) eine Abundanzbestimmung ganz ähnlich der Clementsschen. Er schreibt S. 45: „Durch Anwendung der von Forstleuten benutzten Methode für Linientaxierung, d. h. Zählen der Individuen auf einem schmalen Streifen von einer gewissen willkürlichen Länge, gelang es, eine geeignete Methode zu gewinnen. Auf einem Streifen von ungefähr 1/2 cm Breite werden alle Pflanzenindividuen gezählt und darauf in besonderen Tabellen notiert. Auf diese Weise erhält man sehr schnell die wirklichen Zahlenverhältnisse, namentlich der reichlicher vorkommenden Arten. Man erhält auch Kenntnis von der Dichte der Genossenschaft, dadurch daß man auch die Länge der Linie kennt, auf welcher eine gewisse Anzahl von Arten vorkommt. Die Kenntnis der Dichte der Genossenschaft ist von großer Bedeutung, teils weil man dadurch die Wechselwirkung, welche zwischen Oberschicht und Unterschicht stattfindet, kennen lernt, teils weil die Dichte innerhalb der Genossenschaft zu deren am ausgesprochendsten hervortretenden Eigenschaften gehört. Man kann auch aus der Tabelle die Verbreitungszahl ablesen, weil die Pflanzen in laufender Reihe, so wie sie aufeinander folgen, notiert wurden, und dann sieht man am Schluß der Untersuchung, daß einige Arten dicht hintereinander vorkommen, andere wieder gleichmäßig über die ganze Linie verbreitet sind.“

Für die Oberschicht wird eine breitere Linie gewählt von 5 m oder in dichtem Wald von 2 m. „In ungefähr 1/4 Stunde kann man von einer mitteldichten Genossenschaft im mittleren Schweden eine ganz befriedigende Analyse machen.“

Methode von Jaccard

Paul Jaccard stellt sich in verschiedenen Arbeiten[2]) die Aufgabe, die Gesetzmäßigkeit zu ergründen, welche die Artverteilung

---

[1]) O. Arrhenius, Ökologische Studien in den Stockholmer Schären. Stockholm 1920.

[2]) Paul Jaccard, Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bull. Soc. Vaud. sc. natur. Lausanne, 38, 1902. Jaccard, Gesetze der Pflanzenverteilung in der alpinen Region. Flora 90, 1902. Jaccard, La distribution de la flore dans la zone alpine. Revue gén. des sc. pures et appliq., Paris 1907. Jaccard, Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. 44, 1908. Jaccard, The distribution of the Flora in the alpine zone. New Phytologist,

im Raume regiert. Namentlich sucht er das zahlenmäßige Verhältnis festzustellen, das zwischen der Flora verschiedener Gebiete einerseits und den sie bewohnenden Arten und zu den Gattungen andererseits herrscht. Das erste Verhältnis, das sich aus der Gegenüberstellung der Artenzahl verschiedener Gebiete oder Standorte ergibt, nennt er Arten-Gemeinschaftskoëffizient, das zweite, das Verhältnis der Arten zu den Gattungen eines Gebietes: Gattungskoëffizient.

Der Gemeinschaftskoëffizient verschiedener Territorien ist in der Regel umso höher, je gleichartiger die biologischen Verhältnisse der verglichenen Gebiete sind. Immerhin ist der Gemeinschaftskoëffizient selbst bei benachbarten und scheinbar sehr ähnlichen Örtlichkeiten niedriger als man vermuten könnte. Es gibt nicht zwei Örtlichkeiten von einiger Ausdehnung, die dieselbe floristische Zusammensetzung besitzen.

Der Gemeinschaftskoëffizient der Juraweiden im südlichen Jura 1500—1600 m beträgt im Mittel 40%, der der Gipfelpartien 50%. Zwischen benachbarten, aber sehr ungleichen Standorten wie Weiden, Geröll, Felsen usw. ergibt sich noch ein Gemeinschaftskoëffizient von 20—25%.

Der Wert des Gemeinschaftskoëffizienten kann mithin benutzt werden, um die Übereinstimmung oder Verschiedenheit der Standorte zu ermitteln.

Der Gattungskoëffizient d. h. das Verhältnis der Gattungs- zur Artenzahl steigt im umgekehrten Maße mit der Vielfältigkeit der biologischen Bedingungen. An einem einheitlichen Standort mit monotoner Flora ist der Gattungskoëffizient größer als an einer Stelle, die verschiedenartige Bedingungen aufweist. In der ganzen Schweiz beträgt der Gattungskoëffizient 25%, d. h. es fallen 25 Gattungen auf je 100 Arten. Im Dranse-, Trient-, Wildhorngebiet beträgt er 33%, im Wildhorngebiet allein 50%, auf den Weiden des Südjura 60%. Zieht man nur eine einzige Örtlichkeit zum Vergleich heran, so steigt die Prozentzahl beträchtlich (Hang am Grand Colombier 85%).

11, 1912. Jaccard, Etude comparative de la distribution florale dans quelques formations terrestres et aquatiques. Revue gén. de Bot. 26, Paris 1914. Jaccard, Le coefficient générique dans la distribution faunale. Bull. Soc. Géogr. Neuchatel 29, 1920. Jaccard, Une exception apparente à la loi du coefficient générique. Bull. Soc Vaud. sc. nat. procès verbaux 1920.

Der Prozentsatz 100 würde erreicht bei genügend einförmigen Standorten beschränkter Ausdehnung, wie sie z. B. auf Sanddünen, in Salzsteppen, in der Heide verwirklicht sind.

Will man zwei Standorte vom gleichen Typus miteinander vergleichen, so hat man sowohl den Art- als den Gattungsgemeinschaftskoëffizienten in Betracht zu ziehen.

Jaccard spricht ferner von einem Häufigkeitskoëffizienten. Derselbe stellt das Zahlenverhältnis der seltenen, ziemlich häufigen und sehr häufigen Arten auf 100 Arten eines bestimmten Gebietes oder einer bestimmten Örtlichkeit dar. In den Alpen übersteigt in der Regel der Koëffizient der seltenen Arten den der ziemlich häufigen und häufigen (Beispiel Alpenmatte in Ormonts: Selten 64 %, ziemlich häufig 25 %, häufig 11 %). In der Ebene von Mitteleuropa ist das Gegenteil der Fall (Beispiel Cercy-la-Tour, Nièvre: Häufig 41 %, ziemlich häufig 34 %, selten 25 %). Im allgemeinen geht die Vorherrschaft der seltenen Arten parallel mit starken ökologischen Unterschieden und zahlreichen verschiedenartigen Standorten, während Vorherrschaft der gemeinen Arten auf gleichartige ökologische Bedingungen zurückzuführen ist. Jaccard unterscheidet zwischen lokaler und allgemeiner Häufigkeit und bildet Kurven von beiden.

Die Untersuchungen Jaccards beziehen sich nicht auf Assoziationen im heutigen Sinne und sollen nicht zur Unterscheidung der Assoziationen dienen, sondern zur Erfassung großer Verteilungsgesetze. Jaccard vergleicht Florenbezirke und seine Untersuchungen werfen Licht auf ihre spezifischen, generischen und numerischen Beziehungen, deren Gesetzmäßigkeit aufgedeckt zu haben das Verdienst des Autors ist.

2244. Diskussion der Abundanz-Methoden

Wir können also die Abundanz nach vielen Methoden, auf mancherlei Weise untersuchen. Welche Methode man anwenden will, ist nicht von vornherein gegeben, sondern es muß im einzelnen Fall entschieden werden, welche den vorgesetzten Zwecken am besten entspricht. Die Abundanz wird nicht allein bestimmt, man wird meist auch die Konstanz, die Treue usw. zur gleichen Zeit zu bestimmen haben. Schon dieses wird auf die Wahl der Methode Einfluß haben.

Weiter ist stets zu berücksichtigen, daß die zu erwartenden Ergebnisse in Einklang mit der aufgewendeten Zeit stehen.

Für die einmalige Aufnahme einer bestimmten Gegend, also für die Bearbeitung der jetzt bestehenden Pflanzengesellschaften werden m. E. die Schätzungsmethoden in Verbindung mit einzelnen Raunkiärschen Zählkreisen zur Kontrolle die besten Ergebnisse herausbringen. Wir haben gesehen, daß bei verschiedenen Zählmethoden das subjektive Element, das man gerne ausschalten möchte, eine mindestens ebenso große Rolle spielt wie bei gut durchgeführten Schätzungsmethoden. Dabei bringt die gleich zu besprechende Konstanzbestimmung mehr verwertbares Material, wenn viele Aufnahmen gemacht werden können von derselben Pflanzengesellschaft, als wenn man allzu viel Zeit auf eine einzige Zählaufnahme verwendet, die dann nur über die einzige Lokalität Auskunft gibt und keine Verallgemeinerungen für die Pflanzengesellschaft gestattet, über die man doch in erster Linie orientiert sein möchte. Mit viel Arbeit ist man dann erst über diesen einen Punkt unterrichtet, was aber eben nicht sagen will, daß man dadurch über die Pflanzengesellschaft, über die Assoziation unterrichtet sei.

Ganz anders liegt die Sache, wenn man Sukzessionen behandeln kann, wo diese Zählmethoden eine naturgemäße Ausgestaltung erfahren.

225. Konstanz

Alle besprochenen Methoden untersuchen einen Einzelbestand, um aus diesem die Kenntnisse über die betreffende Pflanzengesellschaft zu gewinnen. Aber von einer Assoziation kann man erst sprechen, wenn eine gewisse Vergesellschaftung in verschiedenen Örtlichkeiten wiederkehrt, nicht nur einmal vorkommt, sondern immer wieder in allen Örtlichkeiten, die denselben Standort zeigen. Und da die Assoziation durch die Artenliste charakterisiert ist, ist es von großer Wichtigkeit, die Artenlisten aller Vorkommensstellen einer Assoziation zu kennen. Zur Bestimmung der Konstanz ist es vorteilhaft, nach einer statistischen Methode vorzugehen, indem man die Artenlisten dieser verschiedenen Örtlichkeiten zusammenstellt. Daraus läßt sich die Zusammensetzung der Assoziation, dieser abstrakten Einheit, ersehen. Die einzelne Artenliste ist nicht in allen Bestandteilen das Durchschnittsmittel der Assoziation. Die Artenlisten werden nie ganz identisch ausfallen, eine gewisse Variation findet von einer Stelle zur andern stets statt.

Um wieviel Arten dürfen nun zwei Listen sich unterscheiden, um noch zur selben Assoziation gerechnet zu werden, oder als andere Subassoziation noch zu dieser Assoziation gestellt werden zu können? Es ist also notwendig, die Konstanz der Arten zu prüfen.

Zu diesem Zweck hat Brockmann eine statistische Methode ausgearbeitet, die 1907 zum ersten Mal veröffentlicht wurde[1]).

Es ist wichtig, die Konstanz und die Abundanz klar auseinanderzuhalten. Da sich dieser Unterschied, wie schon erwähnt, natürlich erst durch eingehende Forschungen herausgeschält hat, muß man sich klar sein, daß man in der Literatur diese verschiedenen Fragen meist vermischt antrifft. Es wurde fast stets die Abundanz untersucht und diese als Konstanz verwendet, d. h. als für die ganze Assoziation typisch angesehen. Man liest, daß diese und jene Arten da und da dominieren, häufig sind, für die Buchenwälder des Landes maßgebend sind. Diese Aussagen beruhen häufiger auf einer aus Abundanznotizen gesammelten Anschauung aus einem Gebiet als in einer Kontrolle des konstanten Auftretens in verschiedenen Örtlichkeiten derselben Pflanzengesellschaft.

Alle früheren Methoden der Abundanzprüfung wollen eigentlich zugleich auch herausfinden, was die Konstanten sind. Sie tun es aber nicht direkt, sondern indirekt nach folgender Überlegung: Die Arten, die in größter Menge vorkommen, sind dem gegebenen Standort demgemäß am besten angepaßt und werden wohl für die Assoziation daher bezeichnend sein. Dies wird in den meisten Fällen zutreffen. Es ist aber auch möglich, daß lokale Umstände besondere lokale Besiedlungsmöglichkeiten, Arten zum Vorherrschen bringen in einem Einzelbestand, die sonst nicht bezeichnend sind für die Assoziation. Durch die Brockmannsche Methode macht man sich erstens von diesen Zufälligkeiten unabhängig, zweitens noch von folgender Tatsache, die sonst verschleiernd wirken kann: Arten, die nicht wählerisch in bezug auf Standort sind, die man euryözisch nennen kann, da sie verschiedene Standorte besiedeln, können in verschiedenen Örtlichkeiten herrschend werden, ohne daß diese Örtlichkeiten derselben Assoziation angehören, trotzdem sie

---

[1]) H. Brockmann-Jerosch, Die Flora des Puschlav (Bezirk Bernina, Kanton Graubünden) und ihre Pflanzengesellschaften. Die Pflanzengesellschaften der Schweizeralpen I. Leipzig 1907. (Aufstellung der Konstanten S. 244.)

äußerlich gleich aussehen können. Erst die Prüfung der Artkonstanz ergibt objektiv die Zugehörigkeit der Einzelbestände zum Typus, zur Assoziation. Z. B. vermag *Poa alpina* in einer Alpenmatte zu herrschen, aber auch in einem Läger, während aus der Konstanzaufname hervorgeht, daß dies zwei verschiedene Assoziationen sind.

Ausführung

Man mache möglichst viele Bestandesaufnahmen der zu untersuchenden Gruppe und stelle einmal alle zusammen, in denen eine bestimmte Art vorherrscht, sagen wir *Nardus stricta* z. B. Ein großer Teil dieser Aufnahmen wird ziemlich ähnliche Listen ergeben, ein anderer Teil wird nicht mit diesen übereinstimmen, wohl aber unter sich. Dies würde darauf hindeuten, daß wir zwei Assoziationen aus diesen Aufnahmen herausbekommen.

Brockmann nennt die Arten, die in mindestens der Hälfte aller Aufnahmen einer Assoziation vorkommen, die Konstanten und die, welche noch in mindestens einem Viertel der Aufnahmen vorkommen, die Akzessorischen. Was in weniger Aufnahmen vorkommt sind die zufälligen Beimischungen. Auf was es ankommt, sind also die Konstanten und die Akzessorischen. Ich nannte sie deswegen (Berninagebiet 1911/12, S. 90[1])) die Maßgebenden.

Es wurde schon verschiedentlich betont, daß man nur einen einheitlichen Standort in eine Aufnahme nehmen soll. Der totale Wechsel beim durchfließenden Bächlein wird ja jedem klar sein, aber es kommen auch ganz geringe Veränderungen vor, über deren Zugehörigkeit man verschiedene Auffassungen haben kann, man kann also eine engere oder eine breitere Auffassung walten lassen. Bei der Bestandesstatistik wird diese Subjektivität korrigiert. Die allzubreite Auffassung wird die Zahl der zufälligen Beimischungen erhöhen, sie aber auch als solche erkennen lassen. Hier korrigiert sich auch von selber der etwas zu vielsagende Satz: Die Assoziation ist durch die gesamte Artenliste gekennzeichnet. Hier kann man die Beimischungen ausscheiden, die für die Assoziation nicht maßgebend sind.

---

[1]) E. Rübel, Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Englers Bot. Jahrb. 47, 1911, S. 1—614 und Leipzig 1912.

Diskussion der Methode

Diese Methode kann uns auch aus dem Wirrwar der Übergänge herausführen. Nicht jeder Fleck Erde trägt eine abgeschlossene Assoziation; es kommen unendlich viele Übergänge vor, die man nicht gleich erkennt, die sich aber durch die Konstanzstatistik ergeben, indem Konstante fehlen, neue Beimischungen auftreten und häufiger werden usw. Durch die vergleichenden Zusammenstellungen lassen sich weitgehende Schlüsse auf die Ökologie ziehen. Kennen wir z. B. die Ökologie einer Art, so hat eine andere, die stets mit dieser zusammen vorkommt, eine ganz ähnliche Ökologie oder auch eine komplementäre.

Eine Hauptsache bei der Konstanzstatistik ist, daß man eine genügende Anzahl Aufnahmen macht und diese möglichst gleichmäßig über das Gebiet verteilt. Nimmt man viele Aufnahmen von ganz genäherten Flecken[1]), so können Arten in die Maßgebenden hineingeraten, die bei gleichmäßiger Berücksichtigung des Gebietes nur Beimischungen sind. Die Anzahl der verwerteten Aufnahmen einer Tabelle muß man stets angeben, sie gibt den Annäherungswerten verschiedenes Gewicht: Kommt z. B. eine Art in drei Aufnahmen von sechs vor, so wäre sie noch konstant, zwei weitere Aufnahmen ohne sie verweisen sie in die Reihe der Akzessorischen (drei von acht) und noch zwei weitere ohne sie (also drei von zehn) unter die zufälligen. Sechs Aufnahmen sind also unbedingt zu wenig, um vollwertig Maßgebende daraus abzuleiten. Haben wir dagegen 30 Aufnahmen und eine Akzessorische komme darin 14 mal vor. Sollte sie nun in 25 weiteren Aufnahmen auch gar nicht mehr vorkommen, so bleibt sie doch noch Akzessorische, denn 14 ist immer noch mehr als $^1/_4$ der Aufnahmen:

$$14 > {}^1/_4\,(30 + 25);\quad {}^1/_4\,(30 + 25) = 55/4 = 13{,}75.$$

Wie man in der Sippen-Systematik nicht einig ist, wie groß man eine Art oder eine Varietät fassen soll und die Zahl der Arten von Forscher zu Forscher sehr variiert, so ist es auch bei den Assoziationen. Man kann verschiedener Ansicht sein, wieviel die Maßgebenden wechseln dürfen, daß man noch von derselben Assoziation oder von einer neuen Assoziation oder nur von einer

[1]) Anm. während des Druckes. Du Rietz und Kollegen nehmen viele Aufnahmen vom selben Fleck, das ergibt Lokalkonstante dieses Einzelbestandes, die etwas anderes sind als was wir unter Konstanten verstehen. Dafür sei verwiesen auf die große schöne soeben erschienene Arbeit: Du Rietz, Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Upsala 1921.

Subassoziation sprechen soll. Eine ausgedehnte Anwendung dieser Methode der Konstanzstatistik scheint mir berufen zu sein, viel Licht in das Wesen der Assoziation und ihrer Unterabteilungen zu bringen. Auch über die Wettbewerbsverhältnisse der Arten und die Besiedlungsfähigkeit kann diese Methode viel aussagen.

Die von Brockmann bei den Fettwiesen und zwei Trockenwiesentypen des Puschlav erstlich durchgeführte Methode habe ich im Berninagebiet auf eine große Zahl Gesellschaften ausgedehnt. Einige Beispiele mögen die Ausführungen klar legen.

Beispiele

Als erstes Beispiel sei hier das *Vaccinietum myrtilli* im Berninagebiet angeführt. Es wurde dort an 16 Plätzen diese Gesellschaft aufgenommen, die mit den Zahlen 1—16 angedeutet seien, wobei die Meereshöhe jeweilen dazugesetzt sei. Die Aufnahmen ergeben folgende Tabelle.

Die Zahlen in den einzelnen Aufnahmen bedeuten natürlich die Abundanz in jener Aufnahme. Es ergeben sich nach dieser Tabelle 17 Konstante und 14 Akzessorische. Die Konstanten sind, wie man sieht, hauptsächlich humikole Arten und schattenliebende Arten. Arten, die nur in einer oder in zwei einzigen Aufnahmen vorkamen, habe ich weggelassen, wie z. B. 37 Arten der artenreichen Aufnahme 1.

Die Konstanten einer Assoziation haben untereinander eine große ökologische Verwandschaft, in ihnen drückt sich der „Standort“ am stärksten aus, sei es einerseits, daß sie diese bestimmte Art Standort verlangen, sei es, daß sie sehr indifferent gegen viele Standorte sich verhalten. Auf diese Fragen werden wir erst bei den Treue- oder Stetigkeitsverhältnissen antworten.

In der hintersten Kolonne ist angegeben, wie sich die betreffende Art in dem Nebentypus des *Vaccinietum vitis idaeae* stellt, der allerdings nur aus neun Aufnahmen stammt, was den Annäherungswerten der Konstanz kein großes Gewicht zu verleihen vermag. Sehr viele Konstante sind dort ebenfalls konstant. Dies berechtigt uns, diese Gesellschaft als Nebentypus zur ersten zu stellen.

Man kann aber nicht nur den Vergleich mit einem zugehörigen Nebentypus anstellen, sondern mit ganzen Reihen von Gesellschaften. Aus der Nebeneinanderstellung läßt sich vieles, für die ökologische Verwandschaft wichtiges ableiten.

Assoziation: *Vaccinietum myrtilli* im Berninagebiet

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Stellung beim Nebentypus
	1720 m	1740 m	2100 m	1770 m	1800 m	1850 m	1960 m	1850 m	1870 m	1920 m	2350 m	2050 m	2010 m	2080 m	2120 m	2100 m	
Vaccinium myrtillus . . .	8	1	8	8	9	10	10	10	10	1	1	8	7	10	10	9	K
" *vitis idaea* . .	1	1	1	8	4	1	—	5	1	1	1	2	4	1	—	2	K
" *uliginosum* . .	1	1	1	2	1	—	—	1	—	—	1	3	6	7	1	5	K
Rhodod. ferrugineum . . .	—	—	2	—	2	1	—	3	1	1	1	1	2	7	1	2	1
(Pinus cembra)	1	1	1	1	3	9	10	5	10	10	—	1	4	3	1	—	K
(Larix decidua)	9	1	1	10	7	1	—	5	—	1	1	1	6	7	8	1	K
Homogyne alpina	1	—	—	—	1	1	2	2	2	1	—	1	1	1	1	1	K
Solidago virgaurea . . .	1	1	—	1	—	—	—	1	1	1	1	1	1	1	—	1	K
Luzula silvatica	1	1	1	—	1*	1	2	1n	1	1	—	—	—	1	1	—	Kn
Hieracium murorum . . .	1	1	—	1	1	—	1	2	1	5	—	1	1	—	—	—	K
Juniperus com. montana .	1	—	1	—	2	—	1	1	—	1	1	5	2	—	—	—	A
Melampyrum silvaticum . .	1	—	1	—	—	—	1	1	1	1	—	1	3	1	—	—	K
Calamagrostis villosa . . .	—	—	1	10	5	7	—	—	1	—	1	5	1	1	—	—	A
Deschampsia flexuosa . .	6	—	1	3	1	—	—	1	—	—	—	5	3	6	1	3	K
Empetrum nigrum . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	3	3	3	1	4	K
Ranunculus geraniifolius .	—	1	1	—	—	1	1	1	1	1	—	—	—	1	—	—	2
Leontodon pyrenaicus . .	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	1	2	1	1	1	2
Anthoxanthum odoratum .	1	—	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	1	1	1	—	1
Gentiana punctata. . . .	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	1	1	—	1	1
(Picea exelsa)	1	1	1	1	—	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
Lonicera coerulea	1	—	—	2	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	—	—	2
Linnaea borealis	—	—	—	—	4	4	—	5	3	1	—	—	—	—	—	—	K
Avena versicolor	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	2	—	—	A
Potentilla aurea	1	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1
Calluna vulgaris	1	1	—	—	2	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	K
Sorbus aucuparia	1	—	—	—	1	1	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1
Arnica montana	1	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	A
Oxalis acetosella	—	—	1	—	—	1	—	1	5	—	—	—	—	—	—	—	1
Peucedanum ostruthium .	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—	1	—	—	—
Poa alpina	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	2
Festuca rubra genuina . .	—	—	—	1	8	—	—	—	—	—	—	—	4f	1	—	—	K
Lotus corniculatus . . .	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	A
Antennaria dioeca. . . .	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	A
Geranium silvaticum . . .	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	A
Potentilla Crantzii . . .	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	1	—	—	A
Pyrola minor	—	1	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	K
(Pinus silv. engadinensis) .	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	K
Phyteuma betonicifolium .	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	2
Epilobium angustifolium .	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Moose	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	5	—
Cetraria + Cladonia . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	1	1	—	6	1
Artenzahl am Standort . .	62	48	24	17	22	14	10	23	24	27	40	30	32	42	12	15	—
Konstante 17	13	10	13	9	12	9	8	14	11	14	9	15	15	15	10	10	—
Akzessorische 14	9	4	5	3	5	4	2	5	5	6	3	4	6	8	1	1	—

* = *L. silv. und L. nemor.* n = *L. nemorosa.* f = *var. fallax.*

Es sei eine Zusammenstellung verschiedener Zwergstrauch-Spalierstrauchtypen gegeben. Von jedem sei angegeben, wieviele Aufnahmen gemacht wurden und in wievielen die betreffende Art vorkam. Es sei je nach dieser Zahl zur Veranschaulichung ein K oder A beigefügt, wenn die Zahl ergibt, daß es sich um eine Konstante oder eine Akzessorische handelt. Leider ist von einigen Typen die Zahl der Aufnahmen viel zu klein; der Übersicht halber führe ich diese Typen aber doch an. Solche Konstanzaufnahmen sollten in Masse gemacht werden.

Es sind auf der Tabelle nur die Arten aufgenommen worden, die in mindestens einer der Gesellschaften maßgebend sind, also konstant oder akzessorisch. Die Verwandtschaft aller dieser Typen drückt sich darin aus, daß ihnen unter den Maßgebenden sieben Arten gemeinsam sind, wenn auch nur eine, *Vaccinium uliginosum*, in allen Konstante. Ganz nahe Verwandschaft besteht einerseits zwischen dem *Vaccinietum myrtilli* und *Vaccinietum vitis idaea*, sie haben 19 Maßgebende gemeinsam, wovon 12 bei beiden konstant sind. Nur drei Konstante des *Myrtilli*-Typus sind beim *Vitis idaea*-Typus nicht unter den Maßgebenden. Diese Nähe der Verwandtschaft verdient als Typus und Nebentypus zueinandergestellt zu werden.

Eine ähnlich nahe Verwandtschaft, die weniger vorauszusehen war, besteht anderseits zwischen dem *Loiseleurietum* und dem *Vaccinietum uliginosi*. Von 22 Maßgebenden des *Loiseleurietums* sind es 18 auch im *Vaccinietum uliginosi*, 7 sogar in beiden Konstante.

Etwas weniger verwandt, so daß man sie als eigene Assoziationen ansprechen darf, sind dann die anderen Verhältnisse.

Das *Vaccinietum myrtilli* hat mit dem *Loiseleurietum* nicht mehr 18 oder 19, sondern nur 11 gemeinsame Maßgebende, wovon 3 in beiden konstant. *Rhodoretum* hat mit *Myrtilletum* noch 14 gemeinsame, wovon 5 Konstante; *Rhodoretum* gegenüber *Loiseleurietum* 12 gemeinsame Maßgebende, wovon 5 beiderseits konstant. Das *Rhodoretum* steht beiden etwa gleich nah, aber viel weniger als die Zweiergruppen *Vaccinietum myrtilli-vitis idaeae* und *Loiseleurietum-Vaccinietum uliginosi* unter sich.

Das *Calamagrostidetum villosae* wäre diesen Zwergstrauchtypen noch anzuschließen, wenn auch ein Gras dominiert. Die ökologische Verwandtschaft zeigen (da ich nur 6 Aufnahmen des *Calamagrostidetums* habe, sind sie zwar nicht breit genug angelegt) 8 gemeinsame Konstante des *Calamagrostidetums* mit dem *Myrtilletum*,

Vergleichende Konstanzaufnahmen im Berninagebiet

	1720—2350 m *Vaccin. myrt.*	1740—1810 m *Vaccin. vid. id.*	2050—2450 m *Vaccin. uligin*	2090—2509 m *Loiseleuriet.*	2100—2580 m *Rhodoretum*	1750—2310 m *Calamagrostidetum*
Zahl der Aufnahmen	16	9	14	10	8	6
Vaccinium myrtillus . .	16 k	9 k	8 k	4 a	8 k	1
„ *vitis idaea* .	14 k	9 k	4 a	1	3 a	3 k
„ *uliginosum* .	12 k	7 k	14 k	9 k	7 k	1
Rhodod. ferrugineum .	12 k	1	7 k	4 a	8 k	4 k
Deschampsia flexuosa .	8 k	8 k	5 a	4 a	5 k	3 k
Calamagrostis villosa . .	9 k	4 a	—	—	—	6 k
Luzula nemorosa . . .	2	6 k	—	—	—	—
„ *silvatica* . . .	11 k	2	—	—	—	—
Homogyne alpina . . .	12 k	6 k	11 k	3 a	5 k	4 k
Hieracium murorum . .	10 k	8 k	—	—	—	—
Solidago virgaurea . .	11 k	7 k	5 a	1	1	5 k
Melampyrum silvaticum	9 k	6 k	4 a	—	—	—
Calluna vulgaris . . .	4 a	8 k	4 a	1	1	—
Pinus cembra	13 k	9 k	—	—	—	4 k
Larix decidua	12 k	9 k	—	—	—	4 k
Pinus silv. engadinensis	2	5 k	—	—	—	—
Picea excelsa	6 a	—	—	—	—	—
Juniperus communis . .	9 k	4 a	11 k	8 k	6 k	3 k
Empetrum nigrum . .	8 k	5 k	11 k	9 k	5 k	1
Pyrola minor	3	5 k	—	—	—	—
Linnaea borealis . . .	5 a	5 k	—	—	—	3 k
Anthoxanthum odoratum	7 a	—	8 k	2	5 k	—
Avena versicolor . . .	5 a	3 a	9 k	7 k	5 k	2
Oxalis acetosella . . .	4 a	—	—	—	—	—
Ranunculus geraniifolius	8 k	—	—	—	—	—
Poa alpina	—	—	4 a	—	—	—
Peucedanum ostruthium	4 a	—	—	—	—	—
Potentilla villosa . . .	3 a	3 a	—	—	—	—
Geranium silvaticum . .	3 a	3 a	—	—	2	—
Sorbus aucuparia . . .	4 a	—	—	—	—	3 k
Gentiana punctata . .	7 a	—	4 a	—	—	—
Leontodon pyrenaicus .	8 k	—	8 k	3 a	6 k	—
Lonicera coerulea . . .	6 a	—	5 a	—	—	—
Cetraria	3	—	10 k	8 k	5 k	—
Cladonia	3	—	10 k	8 k	3 a	—
Moose	4 a	—	—	—	—	—
Arnica montana . . .	4 a	4 a	—	—	3 a	—
Lotus corniculatus . .	3	3 a	5 a	1	3 a	—
Antennaria dioeca . .	2	3 a	—	—	—	—
Festuca rubra genuina .	3	5 k	—	—	—	—
Arctostaphylos uva ursi	—	—	4 a	1	—	—
Loiseleuria procumbens .	—	—	8 k	10 k	3 a	1
Carex sempervirens . .	—	—	3	3 a	—	—
Festuca Halleri . . .	—	—	5 a	1	3 a	—
Carex curvula	—	—	4 a	7 k	—	—
Potentilla aurea . . .	5 a	—	4 a	1	3 a	—
Chrysanthemum alpinum	—	—	7 k	4 a	—	—
Androsace obtusifolia .	—	—	7 k	—	—	—
Ligusticum mutellina .	—	—	7 k	3 a	2	—
Veronica bellidioides . .	—	—	4 a	1	—	—
Myosotis pyrenaica . .	—	—	6 a	—	3 a	—
Gentiana Kochiana . .	—	—	4 a	1	3 a	—
Luzula lutea	—	—	5 a	3 a	—	—
Polygonum viviparum .	—	—	5 a	4 a	—	—

die etwas geringere die 5 Konstanten des *Calamagrostidetums* mit dem *Rhodoretum*, die noch geringere die eine Konstante des *Calamagrostidetums* mit dem *Loiseleurietum*.

Es sei noch als Beispiel nahe verwandter Subassoziationen das Schneetälchen des Berninagebietes angeführt: (Bernina S. 153)

	Polytrichetum	*Salicetum*	*Alchemilletum*
	12 Aufnahm.	18 Aufnahm.	12 Aufnahm.
Anthelia julacea v. clavuligera	3 A	3	2
Polytrichum spec. div. . . .	12 K	9 K	4 A
Salix herbacea	8 K	18 K	8 K
Alchemilla pentaphyllea . . .	1	3	12 K
Gnaphalium supinum . . .	10 K	15 K	9 K
Chrysanthemum alpinum . .	7 K	13 K	7 K
Cardamine alpina	7 K	10 K	4 A
Soldanella pusilla	1	11 K	8 K
Luzula spadicea	3 A	9 K	6 K
Taraxacum off. alpinum . .	4 A	9 K	5 A
Veronica alpina	5 A	8 A	4 A
Poa alpina	5 A	7 A	5 A
Arenaria biflora	9 K	4	1
Ligusticum mutellina . . .	—	7 A	6 K
Sedum alpestre	3 A	8 A	1
Cerastium cerastioides . . .	2	6 A	3 A
Cerastium pedunculatum . .	4 A	1	—
Sibbaldia procumbens . . .	2	4	2
Carex Lachenalii	—	5 A	3 A
Polygonum viviparum . . .	—	3	3 A
Gentiana bavarica imbricata .	3 A	1	—

Die besprochenen Beispiele wurden alle nach der Brockmannschen Konstanz-Skala durchgeführt, die nur drei Abstufungen kennt: Konstante, Akzessorische und zufällige Beimischungen.

Braun im Unterengadin 1918 (Zitat S. 199) stellt dafür eine 5stufige Skala auf:

5	stets	toujours
4	meist	très souvent
3	öfters	assez souvent
2	nicht oft	peu souvent
1	sporadisch	sporadique

Man könnte natürlich versuchen, analog der Abundanzskala ebenfalls eine 10teilige Skala aufzustellen; die Konstanz ist jedoch

ein Merkmal, das sich nicht leicht in soviele Stufen auflösen läßt; es ist m. E. auch nicht nötig.

Sehr eingehend behandeln neuerdings einige Schweden[1]) die Konstanz und heben deren Bedeutung in starkem Maße hervor. Es ist das Studium jener Arbeit sehr anzuraten, wenn auch einiges darin mir als allzuweit gehend erscheint. Sie verlangen das Vorkommen einer Art in 90% der Aufnahmen (statt Brockmanns 50%), um als konstant angesprochen zu werden. Das mag für die gleichmäßige Vegetation der Subarktis angehen, schon in den Alpen und noch mehr im artenreichen Mittelmeergebiet wäre dies nicht mehr anwendbar, wenigstens nicht nach dem Konstanzbegriff der Schweizer. Da hilft aber die Stufenskala, indem man 90—100% mit 5 bezeichnet, 50—90% mit 4 oder dergleichen. Braun schlägt vor:

5 = 80—100%,
4 = 60— 80 „ ,
3 = 40— 60 „ ,
2 = 20— 40 „ ,
1 = 0— 20 „ .

Ein Ineinanderverarbeiten der beiden Methoden ist noch nicht ausgeführt worden.

Bedeutenden Wert scheint mir auch die geographische Wertung der Konstanz durch das schwedische Quartett zu haben. Sie unterscheiden: Generelle Konstante, die in einer Assoziation in ihrem ganzen Ausdehnungsgebiet konstant sind, z. B. in ganz Skandinavien; Fazies-Konstanten, die in größeren Teilen eines Assoziationsgebietes in dieser Assoziation konstant sind, z. B. in Torne Lappmark; Lokale Konstante, die sich auf einzelnen Inseln, einzelnen Stationen als konstant in einer Assoziation erzeigen; Variantenkonstante, die in einzelnen Subassoziationen auftreten; Vikariierende Konstante sind nahe verwandte Arten, die sich in verschiedenen Gegenden ersetzen; z. B. ist der in Torne Lappmark konstante *Oxycoccus microcarpus* in Komosse ersetzt durch *Oxycoccus quadripetalus*. Das schweizerische *Curvuletum* hat als Konstante *Phyteuma pedemontanum*, im ostalpinen wird es durch *Phyteuma confusum* vertreten.

[1]) Du Rietz, Fries, Osvald und Tengwall, Gesetze der Konstitution natürlicher Pflanzengesellschaften. Meddelanden fran Abisko naturvetenskapliga Station 3. Flora och Fauna 7. Vetenskapliga och praktiska Undersökningar i Lappland, anordnade av Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag. Upsala 1920.

226. Gesellschaftstreue.

Es folgt nun die Frage: Wie eng ist die Art an bestimmte Gesellschaften gebunden? mit andern Worten: ist die betreffende Art immer nur in einer bestimmten Gesellschaft oder in mehreren bestimmten Pflanzengesellschaften zu finden oder kommt sie ubiquistisch in vielen Gesellschaften vor? So fragt man, wenn man von der einzelnen Art ausgeht; nehmen wir die Gesellschaft zum Ausgangspunkt, so fragen wir: Durch welche Arten wird die Gesellschaft charakterisiert? Diese beiden Fragestellungen sind nicht ganz identisch zu werten. Darauf wird zurückzukommen sein. Zuerst müssen wir die verschiedenen vorhandenen Begriffe auseinanderhalten. Es sind die Leitpflanzen im Sinne von Gradmann und Schröter, die Charakterpflanzen im Sinne von Brockmann und anderen, die Begleiter im Sinne von Höck.

Die Leitarten bei Gradmann und bei Schröter[1]) (Bodensee 1902, S. 71) sind geographisch gefaßt. Sie charakterisieren einen geographischen Bezirk einer Gesellschaft, einer geographischen Subassoziation oder geographischen Varietät der Gesellschaft.

Die Charakterpflanzen bei Brockmann, bei Rübel, bei Braun sind soziologisch gefaßt, sie charakterisieren eine Pflanzengesellschaft. Mit diesen werden wir uns des näheren zu befassen haben.

Von den Begleitern, z. B. den Buchenbegleitern verlangt Höck, daß sie der Region eigentümlich seien und der Gesellschaft zugehörig, also in gewissem Sinne geographisch und soziologisch.

Für die Gesellschaftstreue haben wir es in erster Linie mit den Charakterpflanzen zu tun. Pflanzen, die keine spezialisierten Ansprüche machen, die in verschiedenen Gesellschaften vorkommen, sagen uns nicht viel für unsere Pflanzengesellschaft. Brockmann nennt sie Formationsubiquisten (Puschlav 1907, S. 244). Sie sind als gesellschaftsvag zu bezeichnen, (Drude[2]) 1913, S. 245) schlägt für diese Arten die Bezeichnung „heterochor" vor, während er die an eine bestimmte, wenn auch weitgefaßte Formation gebundenen Arten mit „homalochor" bezeichnet. Dazwischen stehen die „allochoren" Arten, welche mehrere, sich aneinander anschließende Formationen derselben Landschaft besiedeln".

---

[1]) C. Schröter in Schröter und Kirchner, Die Vegetation des Bodensees, II. Teil 1902. Der Bodensee-Forschungen neunter Abschnitt.

[2]) Oscar Drude, Die Ökologie der Pflanzen. Die Wissenschaft, Sammlungen von Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Naturwissenschaft und der Technik. Bd. 50. Braunschweig 1913.

Für das Schneetälchen des Berninagebietes (Rübel 1911/12, S. 152) sind als Formationsubiquisten genannt: *Poa alpina, Chrysanthemum alpinum, Taraxacum officinale alpinum* usw., dagegen als charakteristisch *Cardamine alpina, Arenaria biflora* usw.

Im Anschluß an den Ausdruck Formationsubiquist müssen noch die Ausdrücke Ubiquist und Kosmopolit einander gegenübergestellt und definiert werden, damit keine Verwechslungen stattfinden. Es handelt sich wiederum um die Unterscheidung des soziologischen vom geographischen.

Der Ubiquist (Formationsubiquist, Gesellschaftsubiquist) — ein soziologischer Ausdruck — kommt in verschiedenen Pflanzengesellschaften vor, die aber ganz gut in derselben Region liegen können, er kann sogar Leitart einer Region sein. So kommt z. B. *Calluna vulgaris* in sehr verschiedenen Pflanzengesellschaften (Heide, Sphagnummoor, lichten Wäldern, alpinen Zwergstrauchbeständen u. a.) vor, ist also bis zu einem gewissen Grade Ubiquist, aber es wächst doch nur im westlichen Eurasien (bis Westsibirien östlich).

Der Kosmopolit — ein geographischer Ausdruck — (Länderubiquist, bei Diels[1]) 1908 „eurytope" Art, bei Drude 1913, S. 244 eurychore Art oder Sippe) ist weit über die Erde verbreitet, kommt in vielen Gebieten vor, das hindert ihn nicht, getreu zu sein, sehr charakteristisch für eine bestimmte Gesellschaft. Hierher gehören viele Wasserpflanzen, die kosmopolitisch und wasserstet an ganz bestimmte Gesellschaften der Submersiprata gebunden sind usw. Z. B. *Zannichellia palustris, Potamogeton natans, perfoliatus, crispus, lucens;* von Sumpfpflanzen: *Typha latifolia* und *angustifolia, Alisma plantago, Veronica scutellata, Limosella aquatica* usw.

Eine gewisse Differenz in der Anschauung der Charakterpflanzen ergibt sich wie früher schon erwähnt daraus, ob man von der Pflanzengesellschaft ausgeht oder von der einzelnen Pflanze, worauf nun kurz einzugehen ist. Es ist ein Unterschied, ob man sagt: Für diese Pflanzengesellschaft sind die und die Arten charakteristisch, an diesen Arten erkennt man die Gesellschaft, oder diese Pflanze kommt nur in jener Gesellschaft vor, diese Gesellschaft ist ihr charakteristischer Ort des Vorkommens.

Nach der ersten Frage, wie sie Brockmann stellt, sind die Charakterpflanzen zugleich in bezug auf die Konstanzverhältnisse Maßgebende, also besonders von soziologischer Wichtigkeit.

[1]) Ludwig Diels, Pflanzengeographie, Samml. Göschen. 1908 (2. Aufl. 1918).

Nach der zweiten Frage, wie sie Braun stellt, legt man auch seltene Arten fest. Man sagt von ihnen: sie sind selten, aber wenn sie vorkommen, so ist es in der und der Gesellschaft. Die Antwort ist besonders autökologisch und floristisch wichtig für die betreffende Art, weniger synökologisch für die Gesellschaft, deren Haushalt durch die seltenen Male des Vorkommens dieser Pflanze nicht charakterisiert werden kann, wohl aber in gewissem Sinn spezifiziert. Mit andern Worten: Diese seltene Pflanze ist sehr bezeichnend für die Assoziation, in der sie vorkommt, sie spezifiziert sie, da zum Vorkommen dieser speziellen seltenen Art alle die speziellen ökologischen Bedingungen nötig sind; anderseits kann immer noch die Assoziation vorliegen in ihrem charakteristischen Wesen, auch wenn diese spezielle seltene Pflanze nicht darin gefunden worden ist.

Gute Resultate wird die Treue ergeben, wenn man sie klar aus den andern Fragen herausschält. In der Entwicklung unserer Wissenschaft war sie naturgemäß mit andern Fragen vermischt.

Bei Brockmann ging die Konstantenermittlung vor, und erst nachdem diese bekannt waren, wurden aus ihnen die Charakterarten ausgeschieden, wodurch man die soziologisch wichtigen erhält, aber die Gruppe der seltenen und doch charakteristischen Arten nicht.

Braun[1]) in den Sevennen dagegen sucht zuerst die Charakteristischen I. und II. Ordnung, wie er sie nennt, heraus. Unter dem Rest folgt dann eine Gruppe, die als Konstanten bezeichnet sind. Es sind dies aber nur die als Formationsubiquisten zu bezeichnenden, während die besten Konstanten nicht darunter sind, sondern bei den vorher ausgeschiedenen Charakterarten.

Diese Parallelisierung:

a) Charakterarten I. Ordnung
b) Charakterarten II. Ordnung
c) Konstante
d) Akzessorische
e) Zufällige;

vermischt also zwei Fragestellungen, was in Zukunft vermieden werden muß. Einen großen Fortschritt bedeuten daher die Treuebezeichnungen von Braun 1918 (Unterengadin, Zitat S. 199).

[1]) J. Braun-Blanquet, Les Cévennes méridionales (massif de l'Aigoual), étude phytogéographique. Etudes sur la végétation méditerranéenne I. Arch. des Sc. phys. et nat. sér. 4, 5, Genève 1915.

Er macht dort fünf Abstufungen der Treue, wovon drei auf die Charakterarten entfallen. Es sind die folgenden:

Braunsche Gesellschaftstreue

A) Charakterarten

5 gesellschaftstreu
4 gesellschaftsfest
3 gesellschaftshold

B) Sekundanten

2 gesellschaftsvag

C) Zufällige

1 gesellschaftsfremd

Einige der französischen Ausdrücke, die a. a. O. beigegeben sind, wurden später[1]) verbessert.

	Gesellschaftstreue:	fidélité (nicht mehr préférence)
5	gesellschaftstreu :	exclusif (nicht mehr distinctif)
4	gesellschaftsfest :	éléctif (nicht mehr adhérent)
3	gesellschaftshold :	préférent
2	gesellschaftsvag :	indifférent
1	gesellschaftsfremd :	étranger

Das Studium der Treueverhältnisse ist recht schwierig. Es erfordert sehr viel Erfahrung und Kenntnisse über die allgemeine Verbreitung der einzelnen Arten. Es verlangt besonders schon eine ziemlich genaue Kenntnis der Pflanzengesellschaften, die man zu studieren im Begriffe ist. Diese Arbeit wird also erst gegen den Schluß der Untersuchung möglich sein. Einzelne Charakterarten, die auch eine große Rolle bei den andern Gesellschaftsfragen spielen, werden gut und sicher zu erkennen sein, die Charakteristischen, die selten sind, schon weniger und die II. und III. Ordnung noch schwieriger. In der Einreihung wird immer sehr viel Subjektives liegen, viel mehr als bei den objektiver und statistisch erfaßbaren Konstanz- und Abundanzbestimmungen[2]).

---

[1]) J. Braun-Blanquet, Schedae ad floram raeticam exsiccatam. Jahresbericht der Naturf. Ges. Graubündens. 58, 1918.

[2]) Anm. während des Druckes. Vgl. die ausgezeichneten, klarstellenden Ausführungen in: J. Braun-Blanquet, Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. Jahrbuch der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft, Bd. 57. St. Gallen 1921; S. 305—351.

Die Gesellschaftstreue kann natürlich nicht nur auf die Assoziation angewendet werden; auch Einheiten höheren Ranges können durch treue Arten charakterisiert sein. Es gibt also eine Treue zu einer einzigen Assoziation, Treue zu mehreren verwandten Assoziationen, auch Treue zu ganzen Formationsgruppen. Man sei sich daher klar, daß eine Art innerhalb mehrerer Assoziationen gesellschaftsvag sein kann, aber der Formationsgruppe treu. Z. B. ist *Phragmites* der Formationsgruppe der Sümpfe *(Emersiprata)* treu, vagiert aber in Scirpeten, Typheten, Phragmiteten usw. herum. Ebenso kann eine Art der Formationsgruppe der Nadelwälder treu sein, aber vielen ihrer Assoziationen angehören.

Es ist auch möglich, daß eine Art nicht für die ganze Assoziation treu ist, sondern nur in einer geographisch beschränkteren Region. Dadurch werden geographische Varietäten von Assoziationen charakterisiert. So ist z. B. *Phyteuma pedemontanum* in der Schweiz dem *Curvuletum* sehr treu, in den ostalpinen Curvuleten kommt sie nicht mehr vor, sie ist dort durch *Phyteuma confusum* ersetzt wie schon oben bemerkt wurde. Diese Charakterpflanze ist also zugleich Leitpflanze eines Bezirks. In diesem Sinne gibt es auch edaphische Varietäten einer Assoziation, die sich voraussichtlich aber eher durch variierende Konstanzverhältnisse charakterisieren als durch Treueverhältnisse. Wir haben dort die Verschiedenheiten der Konstanz in sogenannten Nebentypen besprochen.

Beispiel für die Durchführung der Gesellschaftstreuebestimmung.

Xero-Brometum erecti

am begrasten Kalkfelskopf südlich der Burg Steinsberg, 1470 m im Unterengadin. (Braun, Unterengadin 1918, S. 26).

A. Bestandestreue und bestandesfeste Charakterarten I. und II. Ordnung:

1 *Seseli annuum*[1])
1 *Carex nitida*
1 *Koeleria gracilis*
1 *Tunica saxifraga*
2 *Poa alpina* var. *xerophila*
1 *Onobrychis arenaria*
1 *Veronica spicata*
1 *Dracocephalum austriacum*
2 *Phleum phleoides*
2—3 *Potentilla puberula*
1 *Medicago falcata*

[1]) Bei jeder Art sind vor dem Namen noch die Abundanzzahlen angegeben.

B. Bestandesholde Arten:

6 *Bromus erectus*
1 *Artemisia campestris*
1 *Galium mollugo* ssp. *Gerardi*
1 *Dianthus silvestris*
1 *Allium senescens*
1 *Helianthemum nummularium*
1 *Pimpinella saxifraga* (bestandesfest?)
1 *Thymus serpyllum* var.
1 *Hieracium pilosella* ssp.

C. Bestandesvage Arten:

2 *Festuca duriuscula*
1 *Silene nutans*
1 *Anthyllis vulneraria*
1 *Trifolium montanum*
1 *Euphorbia cyparissias*
1 *Euphrasia salisburgensis*
1 *Galium verum*
1 *Centaurea scabiosa*

D. Bestandesfremde Einsprengsel:

a) Vom nahen Fels:

1 *Minuartia mucronata*
1 *Sempervivum arachnoideum*

b) Aus der Magermatte:

1 *Thesium pratense*

c) Aus Busch und Acker:

1 *Campanula rapunculoides*
1 *Polygonatum officinale*

227. Aufnahme der Lebensformen

Wir haben die Lebensformen als Gesamtwirkungen der ökologischen Faktoren kennen gelernt. Wir können mit ihnen nun auch zur Charakteristik der aufgenommenen Bestände beitragen. Raunkiär benutzt seine Lebensformen in erster Linie, um Klimate zu charakterisieren, sie haben aber längst schon auch ihren großen Wert zur Charakterisierung der Pflanzengesellschaften erwiesen. Die Physiognomie der Pflanzengesellschaft ist zum großen Teil durch die Lebensform der Dominierenden bedingt.

Bei der Klimacharakterisierung wurde statistisch nach den vorhandenen Arten gezählt, also nach taxonomischen Einheiten. Zur Charakterisierung der Pflanzengesellschaften ist aber, wie wir gesehen haben, eine zufällig in wenigen Exemplaren beigemischte Art nicht gleichwertig mit den maßgebenden. Wir müssen also nicht nur die Lebensformen nach Arten zählen, sondern auch wägen. Die Lebensform einer konstanten Pflanze, einer treuen oder einer dominierenden Art hat für die Pflanzengesellschaften großes Gewicht, nicht aber die Lebensform der oben erwähnten zufällig beigemischten Art.

Im *Caricetum curvulae* z. B. ist *Carex curvula* gesellschaftsfest, zugleich konstant und fast immer sehr reichlich, also nach allen Richtungen von großem Gewicht, daher auch ihre Lebensform. Nach Raunkiär ist sie Hemikryptophyt. Ganz scheint ihr Leben nie zu erlöschen. Gräbt man sie unter winterlichem Schnee hervor, so findet man junge grüne Triebe. Sie ist also den Winter über nicht ganz untätig, sondern einigermaßen immergrün, nicht in dem Sinn, daß das einzelne Blatt immergrün, d. h. mehrjährig ist, sondern daß die Pflanze, das Individuum immergrün ist, indem es immer einige grüne Blättchen besitzt.

Es ist dies nicht nur der Dominierenden dieser Assoziation eigen, die Lebensform der immergrünen Hemikryptophyten beherrscht die ganze Formationsgruppe der immergrünen Wiesen, dieser für die alpine Stufe und arktische Zone so bezeichnenden Vegetation.

228. Zusammenfassung der Bestandesaufnahme

Wir haben nun gesehen, daß zur Aufnahme der Assoziation gehören:

221. Aufnahme von Lokalklima, Boden und biotischen Einflüssen,
222. Floristische Zusammensetzung und phänologisches Aussehen,
223. Aufnahme der Schichten,
224. Abundanzbestimmungen,
225. Konstanzbestimmungen,
226. Treuebestimmungen,
227. Lebensformen.

Nicht daß damit alles bestimmt wäre, was man an einer Assoziation lernen kann, man kann immer neue Problemrichtungen aufstellen, aber die Assoziation ist durch diese Feststellungen doch recht gut charakterisiert. Als Zusammenfassung will ich nicht schon Gesagtes wiederholen, sondern, was übersichtlicher und angenehmer das Gesagte zusammenstellt, einige Beispiele ausführen. Auf Beispiele in der Literatur kann ich nicht verweisen, da die auseinandergelegten Gesichtspunkte noch nirgends alle nebeneinander behandelt worden sind. Viele Werke geben nur die Abundanz oder mit dieser kombinierte Bezeichnungen, einige Konstanz und Abundanz, aber ohne Treue und Lebensformen, wenige die Treue, aber dann wiederum ohne durchgreifende Konstanztabellen usw.

Die folgenden Beispiele entsprechen auch nicht ganz den Ansprüchen, die jetzt an sie zu stellen wären, sie sollen nur die Richtung andeuten, in der noch vieles in der Bestandesaufnahme, in der Gesellschaftsmorphologie zu leisten sein wird. Vom ersten Beispiel findet sich die Tabelle über floristische Zusammensetzung, die Konstanz und Abundanz in der Veröffentlichung Bernina 1911 (Zitat S. 222), Treue und Lebensformen konnten nachträglich beigefügt werden, es fehlen jedoch etwaige Bodenkryptogamen. Das zweite Beispiel konnte durch dessen Verfasser Braun (Zitat S. 232) umgruppiert und ergänzt werden, so daß es hier dient; es sind aber ebenfalls die Kryptogamen unberücksichtigt geblieben, sowie die Gruppierung der Synusien (Schichten, „Bestände").

1. Beispiel
Caricetum curvulae im Berninagebiet (Engadin)

Die Assoziation genießt ein hochalpines Klima. Sie ist im Berninagebiet von 2300—3120 m verbreitet als höchststeigender Wiesentypus. Sie bevorzugt ebene und schwach geneigte Flächen, besonders Südlagen. An südgerichteten Hängen vermag sie auch steilere Lagen zu bekleiden. Die Assoziation ist kalkfliehend. Die folgende Tabelle besteht aus 19 Aufnahmen (genaue Lokalbeschreibungen siehe Rübel 1911, S. 174), die sich auf das Berninagebiet verteilen. Nach dem heutigen, schärfer gefaßten Begriff des Lokalbestandes müßten die Aufnahmen der Nummern 1, 11, 17, 18, 19 ausscheiden. Nr. 1 mit der großen Artenzahl scheint ein Mischbestand gewesen zu sein; die Nr. 11, 17, 18, 19 mit der geringen Anzahl von Charakterarten sind Assoziationsfragmente.

Am bedeutendsten in der Liste ist *Carex curvula*. In der vollen Konstanz und der hohen Abundanz zeigt sich ihr dominierender Wert. Dazu kommt noch ihre Gesellschaftstreue. Sie ist also in allen Richtungen von großem Gewicht, ihre „soziologische Wertigkeit" ist sehr hoch und überragt alle andern Komponenten. An zweiter Stelle folgt *Sesleria disticha*. Sehr treu und konstant sind ferner noch *Phyteuma pedemontanum* und *Senecio carniolicus*, allerdings nicht mehr deckend wie die ersten. Von ziemlich hohem soziologischem Wert sind dann die fünf Konstanten, die noch gesellschaftshold (Treue 3) sind und die vier treuen, die wenigstens noch Akzessorische sind. Eine gewisse Rolle spielen die konstanten Ubiquisten *Chrysanthemum alpinum*, *Poa alpina*, *Polygonum viviparum*, besonders die reichlich vor-

Tabelle

Caricetum curvulae im Berninagebiet.

Lebensform	Nr. der Aufnahme: / Höhe in m:	1 / 2300	2 / 2450	3 / 2500	4 / 2590	5 / 2670	6 / 2710	7 / 2720	8 / 2730
	15 Konstante:								
H	*Carex curvula*	7	8	7	10	6	10	8	6
H	*Chrysanthemum alpinum*	1	4	1	4	1	1	1	1
H	*Sesleria disticha*	—	1	1	1	1	1	2	6
H	*Poa alpina*	1	1	1	—	1	1	—	—
H	*Avena versicolor*	3	1	3	1	2	2	2	—
H od. G	*Polygonum viviparum*	1	1	1	—	—	1	1	—
H	*Phyteuma pedemontanum*	—	—	1	1	—	—	—	—
Ch	*Minuartia sedoides*	—	1	—	1	1	—	—	1
Ch	*Silene acaulis* u. *exscapa*	1	1	1	—	1	1	—	1
H	*Senecio carniolicus*	1	—	1	—	1	—	1	1
H	*Leontodon pyrenaicus*	1	—	1	3	1	1	1	—
Ch	*Saxifraga bryoides*	—	—	1	—	1	—	—	1
H	*Phyteuma hemisphaericum*	1	1	1	1	1	—	1	—
H	*Salix herbacea*	1	1	1	1	—	—	—	1
H	*Gentiana punctata*	1	1	1	—	1	1	1	—
	28 Akzessorische:								
H	*Luzula lutea*	—	1	1	1	—	1	—	—
H	*Ligusticum mutellina*	1	1	1	—	1	1	1	—
H	*Potentilla aurea*	1	1	1	1	1	1	1	—
H	*Gentiana bavarica imbricata*	—	—	—	—	—	1	—	—
H	*Festuca Halleri*	1	—	—	—	1	1	2	—
H	*Hieracium alpinum*	—	—	1	1	1	1	—	—
H	*Sieversia montana*	1	—	1	—	1	1	1	—
H	*Pedicularis Kerneri*	—	1	1	—	—	1	—	—
H	*Juncus trifidus*	—	—	1	—	1	1	1	—
Ch	*Loiseleuria procumbens*	1	1	3	4	—	—	1	1
Ch	*Sempervivum montanum*	1	—	1	—	1	1	—	—
Ch	*Sedum alpestre*	—	1	1	—	1	1	—	—
H	*Luzula spicata*	—	—	—	—	—	—	—	1
T	*Euphrasia minima*	1	1	1	—	1	—	1	—
H	*Gnaphalium supinum*	1	—	—	—	1	1	1	—
Ch	*Cetraria spec.*	1	3	1	1	—	—	—	—
Ch	*Cladonia spec.*	1	3	1	1	—	—	—	—
H	*Veronica bellidioides*	1	—	1	—	—	1	—	1
Ch	*Saxifraga exarata*	—	—	1	—	—	1	—	1
H	*Homogyne alpina*	1	—	—	1	1	1	1	—
H	*Luzula spadicea*	—	1	1	—	1	—	—	—
H	*Antennaria carpathica*	1	—	1	—	—	—	—	1
H	*Gentiana Kochiana*	—	—	1	—	1	1	1	—
H	*Doronicum Clusii*	—	—	—	—	—	—	—	—
H	*Ranunculus glacialis*	—	—	—	—	—	—	—	—
H	*Sibbaldia procumbens*	—	—	—	—	1	—	1	—
H	*Erigeron uniflorus*	—	—	1	—	—	—	—	—
H	*Agrostis rupestris*	1	—	1	—	1	—	1	—
	Ferner vorhanden:								
H	*Taraxacum officinale alp.*	—	1	—	—	—	1	—	—
H	*Primula viscosa All.*	—	—	1	—	1	—	—	—
H	*Anthoxanthum odoratum*	1	—	1	—	1	—	—	—
Ch	*Vaccinium uliginosum*	1	—	1	—	1	—	—	—
H	*Poa laxa*	—	—	—	—	—	—	—	—
Anzahl der Arten des Lokalbestandes		53	27	51	17	42	37	21	14
Konstante und Akzessorische		25	21	34	16	27	25	21	13
Charakterarten		9	9	12	7	7	8	8	7

Je in drei der obigen Aufnahmen fanden sich: *Agrostis alpina*, *Cardamine resedifolia*, *Cerastium*

[1]) Schneetälchen. — [2]) Felsschutt auf Si. — [3]) Silikatfels. — [4]) *Luzuletum*

I
(Rübel, 1911, S. 174, u. erg. 1919)

9 2750	10 2770	11 2810	12 2830	13 2880	14 2930	15 2950	16 2977	17 3030	18 3080	19 3120	Zahl des Vorkommens	Treue
8	10	10	8	8	8	10	6	10	8	9	19	4
1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	19	2
6	1	1	1	3	1	1	1	—	1	—	16	4
1	—	1	1	1	1	1	1	—	1	1	14	2
1	1	—	1	1	1	1	—	—	—	—	13	3
1	1	1	—	1	1	1	—	—	1	—	12	2
1	1	1	—	1	1	1	1	1	1	1	12	4
—	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1	12	3
1	1	1	—	—	1	—	1	—	—	1	12	2
—	—	—	1	1	1	1	1	—	—	1	11	4
1	1	—	1	—	1	1	—	—	—	—	11	3
1	—	1	1	—	1	—	1	1	1	1	11	2
—	1	—	1	—	—	1	1	—	—	—	10	3
1	—	3	—	1	—	1	1	—	—	—	10	2
—	1	—	1	—	1	1	—	—	—	—	10	3
1	1	—	1	—	1	1	—	—	—	—	9	4
1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	9	2
—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	9	2
1	—	1	—	1	—	1	1	1	1	1	9	1[2])
1	1	—	1	—	1	1	—	—	—	—	9	4
1	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	8	2
—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	8	2
1	1	—	—	—	1	—	1	—	—	—	7	4
—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	7	3
—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—	7	3
1	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	7	2
—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	7	2
—	—	—	1	—	1	1	1	—	1	1	7	2
1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	7	2
—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	7	1[1])
—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	7	2
—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	6	2
—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	6	3
1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	6	1[3])
—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	6	2
1	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	6	1[4])
1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	5	4
—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	5	2
1	—	—	1	—	1	1	—	—	1	—	5	1[2])
1	—	—	—	—	1	—	1	1	1	1	6	1[2])
—	—	—	1	1	—	1	—	—	—	—	5	1[1])
1	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	5	2
—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	5	2
1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	4	2
1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1[3])
—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	4	2
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	2
—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	4	1[3])
35	19	11	29	15	32	34	21	10	15	14	—	—
25	17	10	25	15	27	31	18	8	12	12	—	—
9	7	3	10	6	13	9	7	3	4	4	—	—

folia, Anemone alpina ssp. sulfurea, Ranunculus geraniifolius, Primula integri-
uniflorum.
spadiceae.

kommende erste. Nach den Lebensformen ist die Gesellschaft einfach aufgebaut. Die große Mehrzahl der Arten sind Hemikryptophyten, halten also ihre Überdauerungsknospen an der Bodenfläche. Unter diesen befinden sich alle die besonders soziologisch hochwertigen. Eine kleinere Zahl erhebt ihre Überdauerungsknospen etwas über den Boden, es sind Chamaephyten; unter den drei Konstanten aber nur eine gesellschaftshold, die andern indifferent. Das ganze erweist sich also als ausgesprochene Hemikryptophytengesellschaft.

2. Beispiel

Der Buchenwald der Cevennen

Der Buchenwald findet sich in üppiger Ausbildung in der nebel- und regenreichen Stufe am Aigoual von 800—1500 m, wo er die Waldgrenze bildet. Die folgende Tabelle II besteht aus 14 Aufnahmen, die alle auf Urgesteinsboden aufgenommen worden sind (genaue Beschreibungen siehe Braun 1915, S. 103, Zitat S. 232).

Der Wald ist von prachtvoll einheitlicher Zusammensetzung. Zufällige und Akzessorische sind fast fehlend. Die Reihe der Konstanten ist sehr groß und was von besonderer Bedeutung ist, sind viele Arten Charakterarten und zugleich konstant. Von höchster soziologischer Wertigkeit ist *Fagus silvatica,* welche die Gesellschaft direkt bedingt. In zweiter Linie folgen die treuen, konstanten *Asperula odorata* und *Anemone nemorosa,* die hie und da reichlich, aber doch nicht dominierend sind. *Calamintha grandiflora* und *Milium effusum* sind auch sehr treu, ziemlich konstant und hie und da noch reichlich, usw. An Lebensformen ist die dominierende Art Phanerophyt, das Ganze ist also ein Wald. Darunter sind die meisten Arten Hemikryptophyten, eine Anzahl Geophyten, nebst nur ganz vereinzelten andern Formen. Trotz der großen Zahl der Hemikryptophyten ist die Lebensform der Geophyten doch die für den Buchenwald bedeutsamere, da ihr die soziologisch höchstwertigen zum allergrößten Teile angehören.

229. Die großen Abteilungen der Pflanzengesellschaften der Erde

Aus all den Studienteilen, die zur Bestandesaufnahme gehören, können wir die grundlegende Einheit, die Assoziation aufbauen, und das wird stets eine Hauptaufgabe der Untersuchungen sein.

Anhangsweise sei auch angeführt, wie man aus denselben Elementen sich eine Übersicht über die Pflanzengesellschaften der Erde in ihren großen Abteilungen, die man dann Vegetationstypen, Formationsklassen oder Formationsgruppen nach Belieben nennen kann.

Da man in den Lebensformen eine Gesamtwirkung der ökologischen Faktoren ausgedrückt findet und in den Dominierenden einer Gesellschaft die soziologisch höchstwertigen Arten erfaßt, so erhält man durch Zugrundelegen der Lebensform der Dominierenden, worin Physiognomie, Ökologie und Morphologie der Gesellschaft ausgedrückt ist, eine möglichst natürliche Gruppierung der großen Abteilungen der Gesellschaften. Auf diesem Prinzip bauten Brockmann und Rübel 1912[1]) diese Abteilungen auf; seither wurden verschiedene Verbesserungen an diesen Begriffen gemacht[2]).

1. Regenwälder, Pluviisilvae

Regenwälder, Pluviisilvae, sind Gehölze, deren dominierende Arten aus immergrünen Bäumen bestehen, die meist keinen Knospenschutz besitzen und deren Blätter oft glänzend und meist unbehaart sind. Die Gehölze sind reich an immergrünen Gefäßpflanzen, die zu den Stelzwurzlern, Baumwürgern, Epiphyten und Lianen gehören. Die Dominierenden entsprechen also den Raunkiärschen Formen der immergrünen Mega- und Mesophanerophyten ohne Knospenschutz.

2. Regenbüsche, Pluviifruticeta

Regengebüsche, Pluviifruticeta, sind Gehölze, deren dominierende Arten aus immergrünen Gebüschen bestehen, die meist keinen Knospenschutz besitzen und deren Blätter unbehaart und glänzend sind. In diesen Gebüschen kommen Bäume vor, welche Wurzeln zeigen, die von den Zweigen abwärts wachsen und zu neuen

---

[1]) H. Brockmann-Jerosch und E. Rübel, Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Leipzig 1912.

[2]) E. Rübel, Ergänzungen zu Brockmann-Jerosch und Rübels „Einteilung der Pflanzengesellschaften". Ber. Deutsch. Bot. Ges. 33, 1915, S. 1—11.

E. Rübel, Ökologische Pflanzengeographie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Jena 1912/15. IV. Band in Artikel Geographie der Pflanzen, 1913, S. 858—907.

H. Brockmann-Jerosch, Baumgrenze und Klimacharakter. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 6, hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Zürich 1919.

Anm. während des Druckes. Ergänzungsvorschläge: F. Vierhapper, Eine neue Einteilung der Pflanzengesellschaften. Naturwiss. Wochenschrift, 20. Bd. 1921.

Tabelle

Die Buchenassoziation der Südcevennen.

Lebensform		Nr. der Aufnahme: / Höhe in m:	1 / 1150	2 / 1250	3 / 1250	4 / 1280	5 / 1300
P	Konstanten	*Fagus silvatica*	10	10	10	10	10
G	Konstanten	*Asperula odorata*	1	4—8	1—10	1	1—6
H	Konstanten	*Galeobdolon luteum*	1	1	1	1	1
G	Konstanten	*Anemone nemorosa*	1	1	1	—	1
H	Konstanten	*Oxalis acetosella*	1	2	1	1	1
H	Konstanten	*Viola silvatica*	1	1	1	—	1
H	Konstanten	*Adenostyles alliariae*	—	1	1	1	1
H	Konstanten	*Epilobium montanum*	1	1	—	1	1
H	Konstanten	*Luzula nivea*	1	1	1—6	—	1
H	Konstanten	*Prenanthes purpurea*	1	1	1	1	1
H	Konstanten	*Stellaria nemorum*	1	1	—	—	—
G	Konstanten	*Paris quadrifolia*	—	1	1	1	—
G	Konstanten	*Majanthemum bifolium*	—	1	1	1	1
G	Konstanten	*Adoxa moschatellina*	—	1	—	1	1
G	Konstanten	*Calamintha grandiflora*	1	1	—	—	—
G	Konstanten	*Milium effusum*	1	1	—	—	1
H	Konstanten	*Myosotis silvatica*	—	1	1	1	—
H	Konstanten	*Geranium Robertianum*	1	1	—	1	1
T	Konstanten	*Moehringia trinervia*	—	1	1	—	1
G	Konstanten	*Conopodium denudatum*	—	1	1	1	1
H	Konstanten	*Poa nemoralis*	—	1	—	1	1
H	Konstanten	*Athyrium filix femina*	1	—	—	—	1
H	Konstanten	*Aspidium filix mas*	1	1	1	1	—
H	Konstanten	*Doronicum austriacum*	—	—	—	—	—
H	Konstanten	*Lactuca muralis*	—	1	1	1	—
H	Konstanten	*Ranunculus nemorosus*	—	—	1	—	—
H	Konstanten	*Phyteuma spicatum*	1	1	1	1	1
H	Akzessorische	*Hieracium murorum*	—	1	1	—	—
H	Akzessorische	*Dentaria pinnata*	1	2	1	1	—
H	Akzessorische	*Aspidium spinulosum*	1	—	1	—	—
H	Akzessorische	*Melandrium diurnum*	—	—	—	—	—
G	Akzessorische	*Polypodium dryopteris*	—	—	1	—	—
H	Akzessorische	*Rubus idaeus*	—	—	—	—	—
G	Akzessorische	*Allium ursinum*	1	—	1—10	—	1—10
G	Akzessorische	*Scilla bifolia*	—	—	—	1	1
G	Akzessorische	*Polygonatum verticillatum*	—	—	—	1	—
H	Akzessorische	*Lamium maculatum*	—	—	—	1	—
Ch	Akzessorische	*Veronica chamaedrys*	—	—	—	—	1
G		*Doronicum pardalianches*	—	1	1	—	—
G		*Corydalis solida*	—	—	—	1	—
G		*Dentaria digitata*	1	—	—	—	—
H		*Luzula maxima*	1	—	—	1	—
Ch		*Veronica montana*	—	—	—	—	—
G		*Corydalis cava*	—	—	—	—	—
G		*Corydalis fabacea*	—	—	—	—	—
H		*Festuca silvatica*	1	—	—	—	—
H		*Blechnum spicant*	—	—	—	—	—
Gesamtzahl der Arten			24	27	28	24	23
Konstanten			16	24	18	17	19
Akzessorische			3	2	5	4	3
Charakterarten			17	16	14	15	13

II

(Braun 1915, S. 104, u. erg. 1919)

6 1320	7 1330	8 1350	9 1350	10 1420	11 1450	12 1460	13 1480	14 1510	Zahl des Vorkommens	Treue
10	10	10	10	10	10	10	10	10	14	4
1	1	6	8	4—8	1—8	1—9	1	1	14	5
1	1	3	2	1	1	1	1	1	14	4
1	1	1	1	1	-3	1—6	1	1	13	4
1	1	—	1	1	1	1	1	1	13	3
1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	2
—	1	1	1	1	—	1	1	1	11	3
—	1	1	1	1	1	1	—	—	10	3
—	1	1	2	1	1	—	—	1	11	3
1	1	1	—	1	1	1	1	1	10	4
—	1	1	1	1	—	1	1	1	10	4
—	—	1	1	2	1	—	1	1	10	3
1	1	1	—	—	1	1	—	1	9	4
—	—	1—7	1—4	1	—	1	1	1	8	5
—	—	1	1—6	1—9	—	1	1	1	9	5
1	1	1	—	1	1	—	—	1	9	2
1	—	1	1	1	1	—	—	—	9	2
1	—	1	1	1	1	1	—	—	9	2
1	—	—	1	1	1	—	—	—	8	2
—	1	—	1	1	—	—	1	1	8	2
1	1	—	—	2	—	1	1	1	8	2
—	—	1	1	—	1	—	—	—	7	2
1	—	1	1	1	—	1	2	1	7	2
—	—	1	1	1	1	—	—	—	7	2
1	—	1	1	1	—	1	—	1	7	2
—	—	—	1	—	1	—	—	—	7	2
1	—	1	1	1	—	—	—	—	6	2
1	1	—	—	—	—	—	—	—	6	5
—	—	—	—	—	1	1	1	1	6	3
—	—	1	1	1	—	—	1	1	5	2
—	1	—	—	1	—	1	1	—	5	3
—	—	1	1	1	—	—	1	—	4	3
—	—	—	—	—	1	—	—	—	4	4
—	—	—	—	—	1	1	—	—	4	4
—	—	—	1	—	1	1	—	—	4	4
—	—	1	1	—	—	1	—	—	4	3
—	—	1	1	1	—	—	—	—	4	2
—	—	—	—	1	—	—	—	—	3	3
—	—	—	—	—	1	1	—	—	3	4
1.	1	—	—	—	—	—	—	—	3	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	4
—	1	—	—	—	—	1	—	—	2	5
—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	5
—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	5
—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4
—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	3
21	22	31	35	34	28	27	28	27	—	—
16	16	22	23	24	19	18	16	20	—	—
2	3	5	6	4	4	5	4	2	—	—
9	16	16	15	16	16	19	14	14	—	—

stammartigen Stützen der kontinuierlich wachsenden Krone werden. Einige Arten können sogar weiterwachsen, wenn der Hauptstamm zugrunde geht. Sie sind also durchaus strauchwertig geworden. Die dominierende Lebensform ist also immergrüner Nano-Phanerophyt ohne Knospenschutz.

3. Lorbeerwälder, Laurisilvae

Lorbeerwälder, Laurisilvae, sind Wälder, deren dominierende Bäume, falls es Dikotylen sind, immergrünes, allermeist unbehaartes, senkrecht zum einfallenden Licht gestelltes Laub von frischgrüner Farbe, häufig mit relativ großen Interzellularen, und durch besondere, dicht stehende Schuppen geschützte Sproßenden besitzen; falls Gymnospermen dominieren, tragen diese breites grünes, dem einfallenden Lichte gegenüber senkrecht gestelltes, oder schuppenförmiges, die Zweige dachziegelartig bekleidendes immergrünes Laub. Raunkiärs immergrüne Mega- und Mesophanerophyten mit Knospenschutz enthalten m. E. mehrere ziemlich auseinandergehende Formen, von denen nur ein Teil hier, andere Teile in den Abteilungen 5 und 12 zu finden sind.

4. Lorbeergebüsche, Laurifruticeta

Lorbeergebüsche, Laurifruticeta, sind Gebüsche, deren dominierende Sträucher, falls es Dikotylen sind, immergrünes, meist unbehaartes, senkrecht zum einfallenden Lichte gestelltes Laub von frischgrüner Farbe, häufig mit relativ großen Interzellularen und mit Knospen geschützte Sproßenden besitzen; oder falls es Gymnospermen sind, breites, grünes, oft schuppenförmiges, die Zweige dachziegelartig bekleidendes immergrünes Laub tragen. Teile der immergrünen Nanophanerophyten mit Knospenschutz.

5. Hartlaubwälder, Durisilvae.

Unter Hartlaubwäldern, Durisilven, verstehen wir die Wälder, deren dominierende Bäume mechanisch versteifte, immergrüne Blätter von meist reduzierter Größe haben, die keine reingrüne Farbe besitzen, häufig mit Haaren bekleidet sind und zum einfallenden Licht nicht mehr senkrecht stehen, oft sogar direkt die Kante der Blätter gegen das Licht stellen. Einzelne Arten bilden überhaupt keine Blätter oder nur ganz hinfällige. Es sei an Casuarina erinnert. Hier haben wir einen andern Teil der immergrünen Mega- und Mesophanerophyten mit Knospenschutz.

6. Hartlaubgebüsche, Durifruticeta

Unter Hartlaubgebüschen, Durifruticeten, verstehen wir die Gebüsche, deren dominierende Sträucher mechanisch versteifte, immergrüne Blätter von meist reduzierter Größe haben, die keine reingrüne Farbe besitzen, häufig mit Haaren bekleidet sind und zum einfallenden Licht nicht mehr senkrecht stehen, oft sogar die Kante der Blätter gegen das Licht stellen.

7. Heiden, Ericifruticeta

Unter Heiden, Ericifruticeten, verstehen wir Gebüsche, deren dominierende Arten erikoide Blätter besitzen. Erikoide Blätter sind solche, die nach unten so zusammengerollt sind, daß sich die Blattränder rinnenförmig nähern oder nur noch durch eine schmale Spalte getrennt bleiben, die zudem oft durch Haare verschlossen ist, wodurch das Blatt bei seiner langgestreckten Form von außen her als Nadel erscheint. Die Versteifung der Blätter wird also hauptsächlich durch die Röhrenform bewirkt. Hier finden wir einen Teil der immergrünen Nanophanerophyten mit Knospenschutz, dem sich ein Teil der Chamaephyten anschließt, die nur durch eine willkürliche Größenannahme sich trennen lassen.

8. Sommerwälder, Aestatisilvae

Unter Sommerwäldern, Aestatisilven, verstehen wir die Wälder, deren vorherrschende Holzpflanzen Bäume sind, die in der kalten Jahreszeit mit großer Regelmäßigkeit ihr Laub abwerfen und die immer einen Knospenschutz besitzen. Das Laub ist groß, von frischgrüner Farbe und wird senkrecht zum einfallenden Licht gestellt. Ein zusammengehöriger Teil der laubwechselnden Mega- und Mesophanerophyten mit Knospenschutz, der sich wesentlich von den anderen Teilen unterscheidet, die wir hauptsächlich bei den Hiemisilven und kleinenteils bei den Aciculisilven antreffen werden.

9. Sommergebüsche, Aestatifruticeta

Unter Sommergebüschen, Aestatifruticeten, verstehen wir die Gebüsche, deren vorherrschende Holzpflanzen Sträucher sind, die in der kalten Jahreszeit mit großer Regelmäßigkeit ihr Laub abwerfen und die immer einen Knospenschutz besitzen.

10. Regengrüne Wälder, Hiemisilvae

Unter regengrünen Wäldern (Monsunwäldern), Hiemisilven, verstehen wir die Wälder, deren vorherrschende Bäume ihr Laub

in trockenheißen Perioden unregelmäßig abwerfen, sich dagegen bei größerer Feuchtigkeit rasch wieder belauben. Die Blätter sind meist klein, die Assimilation wird auch teilweise durch grüne Rinde besorgt, es ist also eine anders geartete Gruppe der laubwechselnden Phanerophyten mit Knospenschutz.

11. Regengrüne Gebüsche, Hiemifruticeta

Unter regengrünen Gebüschen, Hiemifruticeten, verstehen wir Gebüsche, die ihr Laub in trockenheißen Perioden unregelmäßig abwerfen, sich dagegen bei größerer Feuchtigkeit rasch wieder belauben.

12. Nadelwälder, Aciculisilvae

Unter Nadelwäldern, Aciculisilven, verstehen wir Wälder mit vorwiegend nadeltragenden Bäumen. Unter Nadeln sind schmale lineale Blätter zu verstehen, die meist eine besondere mechanische Verstärkung, aber keine Interzellularen besitzen. Die meisten Nadeln überdauern mehrere Jahre, einzelne wie die der anspruchslosen *Larix* aber nur eine Vegetationsperiode.

13. Nadelholzgebüsche, Aciculifruticeta

Unter Nadelholzgebüschen, Aciculifruticeten, verstehen wir Gebüsche mit vorwiegend nadeltragenden Holzpflanzen. Unter Nadeln sind, wie bei den Wäldern schon erwähnt wurde, schmale lineale Blätter zu verstehen, die meist eine besondere mechanische Verstärkung, aber keine Interzellularen enthalten.

14. Hartwiesen, Duriprata

Unter Hartwiesen (Rasensteppen), Duripraten, verstehen wir eine geschlossene Vegetationsdecke aus Gräsern, Kräutern und Kryptogamen, bei denen die dominierenden Arten Vegetationsorgane besitzen, die weniger durch Turgor als durch mechanische Gewebe versteift sind. An den dominierenden Hemikryptophyten verdorren im Herbst die oberirdischen Organe; auch die begleitenden Geophyten verlieren ihre oberirdischen Bestandteile.

15. Immergrüne Wiesen, Sempervirentiprata

Die immergrünen Wiesen, Sempervirentiprata, sind Wiesen, bei deren vorherrschenden Gräsern und Kräutern der Turgor meist ausreicht, um die Gestalt zu erhalten; die mechanische Versteifung ist deshalb gering. Diese Wiesen kennen keine ausgesprochene

Winterruhe. Die Hemikryptophyten sind immergrün, nicht in dem Sinne, daß das einzelne Blatt mehrere Jahre andauert, sondern daß immer grüne Blätter an der Pflanze vorhanden sind, auch unter dem Schneeschutz der Alpenmatte.

16. Hochstaudenwiesen, Altherbiprata

Unter Hochstaudenwiesen (Karfluren und Staudenläger), Altherbipraten, verstehen wir eine geschlossene Hemikryptophyten-Vegetationsdecke, in der hohe Stauden dominieren.

17. Sumpfwiesen, Emersiprata

Unter Sumpfwiesen, Emersipraten, verstehen wir vom Grundwasser direkt beeinflußte Wiesen, die von Sumpfpflanzen gebildet gebildet werden. Sumpfpflanzen sind solche Gewächse, die im mit Wasser bedeckten Boden festgewurzelt oder an wasserreiche Stellen gebunden sind, deren Laubsprosse sich aber wesentlich über die Wasserfläche emporheben. Sie entsprechen Ranukiärs Helophyten.

18. Submerse Wasserwiesen, Submersiprata

Unter submersen Wasserwiesen (dichte Wasservegetation), Submersipraten, verstehen wir vom Grundwasser direkt beeinflußte Wiesen, die von untergetauchten oder schwimmenden Wasserpflanzen gebildet werden. Hydrophyten.

19. Hochmoore, Sphagniprata

Unter Hochmooren, Sphagnipraten, verstehen wir vom Grundwasser direkt beeinflußte Wiesen, die auf Meteorwasser angewiesen sind, Sümpfe bilden, ihren Boden und ihren eigenen erhöhten Grundwasserstand, vorzugsweise durch eine Sphagnumdecke, selber erzeugen. Die Sphagnen sind als Kryptogamen bei Raunkiär nicht berücksichtigt, ihre Lebensform benennt aber Gams als Bryochamaephyten.

20. Trockeneinöden, Siccideserta

Unter Trockeneinöden (Strauchsteppen und Wüsten), Siccideserten, verstehen wir durch Trockenheit bedingte Einöden, deren Vegetation aus Halbkugelsträuchern, Sukkulenten, Halophyten und Therophyten besteht. Einöden sind offene Pflanzengesellschaften auf von Wasser nicht bedecktem Boden.

21. Kälteeinöden, Frigorideserta

Unter Kälteeinöden, Frigorideserten, verstehen wir die Einöden, die vorherrschend aus einer Vegetation von krautigen, perennierenden, selten verholzenden Arten zusammengesetzt sind, bei denen Spalierwuchs, Rosetten- und Polsterform sehr häufig vorkommen.

22. Strandsteppen, Litorideserta

Unter Strandsteppen, Litorideserten, verstehen wir die unter dem Einfluß des nahen Meeres entstandenen Einöden, die sich besonders aus Halophyten und Sukkulenten zusammensetzen, während die Therophyten und Polsterpflanzen zurücktreten.

23. Wandereinöden, Mobilideserta

Unter Wandereinöden, Mobilideserten, verstehen wir die Einöden, die durch mechanische Eigenschaften des Bodens verursacht sind und sich beständig als Einöden erhalten. Die Bewegung des Bodens wird von Wind (Dünen) oder von der Schwerkraft (Geröllhalde) oder von Wasser (Alluvionen) verursacht.

24. Felseinöden, Saxideserta

Unter Felseinöden, Saxideserten, verstehen wir Einöden, die wegen der Ungunst des Substrates, des baren Felsens, meist nur aus Kryptogamen gebildet werden, aus echten Steinpflanzen (hier zum ersten Mal veröffentlicht).

25. Plankton

Unter Phytoplankton versteht man eine Pflanzengesellschaft, die aus nicht wurzelnden, frei im Wasser schwebenden Mikrophyten besteht.

23. Sukzessionsaufnahmen

Auf der Erde ist alles in Fluß, auch das Vegetationskleid, die Pflanzengesellschaft des einzelnen Standorts. Wenn man alle Gesetzmäßigkeit der bestehenden Pflanzengesellschaften festgestellt hat, will man auch ihr Werden und Vergehen kennen. Warming hat dies klassisch in seinem Kampf der Pflanzenvereine beschrieben. Einen Aufschwung hat dieser Teil der Forschung bekanntlich in Amerika genommen, auch in England fand er eingehende Berücksichtigung, auf dem Kontinent wurde dieser Gesichtspunkt in vielen

Arbeiten mehr nebenbei behandelt, als Hauptthema hingegen in Siegrist 1913[1]), in Furrer 1914[2]), das Prinzipielle in Lüdi 1919[3]) und sehr eingehend in dem Buch von Lüdi 1921[4]).

Die Veränderungen, die Sukzessionen, nehmen in der Regel große Zeiträume in Anspruch, so daß der Beobachter nicht warten und zusehen kann, wie aus Neuland ein Buchenwald wird. Er muß vergleichend vorgehen, die kleinen Einzelschritte beobachten, die ihm nebeneinander vorkommende Stadien bieten und dann die ganzen Serien kombinierend zu erkennen suchen. Die Untersuchung dieser Einzelschritte fällt in unsere Aufgabe. Es geschieht dies nach den bei der Abundanzbestimmung (S. 195) ausgeführten Methoden, auf die für die Einzelheiten der Ausführung verwiesen sei. Das Hauptmittel besteht in den Dauerquadraten.

231. Das Dauerquadrat

Die untersuchten Quadrate macht Clements (Research methods 1905, S. 170) zur Dauerbeobachtung bereit, indem er in der linken obern und rechten untern Quadratecke je einen Pflock einrammt. Der eine Pflock trägt die Nummer des Quadrates und das Datum seiner Aufnahme. Die Lage des Quadrates muß natürlich so genau bezeichnet werden, daß man es jederzeit wieder findet. Der Wert eines Dauerquadrates wird noch erhöht, wenn man an der betreffenden Stelle eine Beobachtungsstation für ökologische Faktoren anlegen kann. Diese Quadrate nimmt man, so weit nötig, jedes Jahr, vielleicht auch zu verschiedenen Jahreszeiten desselben Jahres wieder genau auf und findet damit die Veränderungen.

Es ist nicht nötig, daß die beobachtete Fläche immer ein Quadrat sei, auf die Form kommt es nicht an. Man will hier oder dort eine ganze, nicht allzusehr ausgedehnte Gesellschaft oder die

[1]) R. Siegrist, Die Auenwälder der Aare mit besonderer Berücksichtigung ihres genetischen Zusammenhanges mit andern flußbegleitenden Pflanzengesellschaften. Jb. Aargauer Nat. Ges. 1913.

[2]) E. Furrer, Vegetationsstudien im Bormiesischen. Vierteljahrsschrift Nat. Ges. Zürich, 59, 1914.

[3]) W. Lüdi, Die Sukzession der Pflanzenvereine. Allgemeine Betrachtungen über die dynamisch-genetischen Verhältnisse der Vegetation in einem Gebiete des Berner Oberlandes. Mitteil. Nat. Ges. Bern 1919.

[4]) W. Lüdi, Die Pflanzengesellschaften des Lauterbrunnentales und ihre Sukzession. Versuch zur Gliederung der Vegetation eines Alpentales nach genetisch-dynamischen Gesichtspunkten. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 9, herausg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweiz. Nat. Ges. Zürich 1921.

Pflanzendecke einer topographisch begrenzten Fläche aufnehmen. Es sei hier daher noch näher eingegangen auf die Erfahrungen von Josias Braun-Blanquet, die er bei den Daueraufnahmen im schweizerischen Nationalpark gemacht hat, wo er im Auftrage der Wissenschaftlichen Nationalparkkommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft u. a. die Bearbeitung der Pflanzengesellschaften durchführt (gefl. mündliche Mitteilung).

Bei einem weiten Gebiet kann die Aufnahme naturgemäß nur auf relativ kleinen Probeflächen vorgenommen werden, das übrige Gebiet wird nach der Schätzungsmethode bearbeitet. Die Daueruntersuchungsflächen werden verschieden behandelt. Zur genauen Auszählung und Kartierung der Einzelindividuen werden die Meterquadrate oder noch kleinere Flächen verwendet. Diese genügen aber nicht, um eine bestimmte Gesellschaft gut zu charakterisieren; zur Vermeidung von Fehlern, die in der Kleinheit dieser Quadrate liegen, werden größere Flächen eingehend nach der Schätzungsmethode aufgenommen und kartiert. Es ergab sich, daß die Schätzung der Vegetationsdecke nach zwei Gesichtspunkten die besten Resultate lieferte. Es wurde sowohl die Abundanz (nach den Zahlen [+] 1—5) als die Geselligkeit (1—5) geschätzt, oft noch der prozentuale Anteil einiger vorherrschender Arten. Nach dieser Methode können die zeitlichen Veränderungen sehr gut verfolgt werden, und ihre Einfachheit erlaubt, sie überall ohne großen Zeitaufwand anzuwenden. In der Regel werden die Dauerflächen alle 5 Jahre oder alle 10 Jahre kontrolliert.

Die Aufnahmen werden durch Planskizzen und durch Photographien unterstützt. Große Probeflächen werden durch rot bezeichnete Steine umgrenzt, kleinere durch Eisendraht, der dem Boden angedrückt und angepflockt wird.

Diese Probeflächen wähle man möglichst nicht an begangenen Touristenpfaden. Für diese Dauerausssteckungen sind natürlich Naturschutzgebiete besonders geeignet, andernorts bietet es oft bedeutende Schwierigkeiten, Schutz gegen Störungen, sei es gegen gewollte Eingriffe der Kultur (Inangriffnahme der Ausbeutung von Torfmooren bei Kohlenmangel usw.), sei es gegen zufällige Störungen. Man weiß ja, daß Mutwille bei Touristen oder weitverbreitete Verständnislosigkeit solche wissenschaftliche Markierungen in hohem Maße gefährden. In gewissen Ländern, die unter Kaninchenplage leiden, ist oft eine Drahtnetzeinfriedigung der Probeflächen nötig.

232. Andere Methoden

Entblößtes Quadrat. Wie die Besiedelung auf natürlichem Neuland zu verfolgen ist, kann man auch ein Dauerquadrat künstlich entblößen und seine Wiederbesiedelung beobachten (Clements).

Wanderkreis. Clements läßt in einem Kreis eine oder mehrere bestimmte Pflanzen stehen und verfolgt deren Ausbreitung, Wanderung.

Auch die Linienmethode (siehe S. 211) kann zum Sukzessionsstudium in Dauerlinien verwendet werden.

233. Bauwert (dynamischer Wert)

Pavillard[1]) verlangt, daß neben den statischen Eigenschaften der Arten in der Gesellschaft wie Konstanz und Treue usw. auch eine dynamische berücksichtigt werde, nämlich ein Bauwert der Art, der ihren soziologischen Wert beeinflußt. Es gibt Arten, die eine Sukzession direkt bedingen, ihren Aufbau fördern, ferner solche, die erhaltend wirken. Die Buche hat z. B. im Buchenwald nicht nur ihre statische Bedeutung als Konstante, sondern auch ihre dynamische Bedeutung als Erhaltende. All die Begleiter können nur bleiben, solange die Buche da ist (oder wenigstens nicht gar viel länger) und die gleichen Bedingungen bietet. Dringt die Buche in Erlenwald ein, so hat sie für das nächste Stadium der Sukzession, den Buchenwald, aufbauenden Wert. Pavillard nennt auch negative Größen seiner „Importance gènètique“ (besser dynamique), Elemente, die auf eine Assoziation abbauend, zerstörend wirken, wie z. B. Parasiten aller Art..

Braun 1921 (Zitat S. 233) schlägt folgende Bezeichnungen vor:

↑ = aufbauend 3
◧ = erhaltend 2 } ■ = erhaltend und festigend 3 } ■̂ = aufbauend, erhaltend und festigend 6
⊡ = festigend 1
□ = neutral 0
↓ = abbauend, zerstörend.

Der Intensitätsgrad der aufbauenden, zerstörenden usw. Tätigkeit kann durch fette Zeichen oder einfacher durch Unterstreichen (↑̲) zum Ausdruck gebracht werden.

[1]) J. Pavillard, Remarques sur la nomenclature phytogéographique. Montpellier 1919. — J. Pavillard, Espèces et associations. Essai phytosociologique. Montpellier 1920.

Zur Erläuterung sei noch ein Beispiel aus Braun angegeben; er schreibt: „Das Studium des dynamischen Wertes der Arten ist namentlich von Bedeutung bei raschem Wechsel unterworfenen Gesellschaften der Verlandung, der Berasung offenen Bodens (Alluvionen, Geröll, Dünen) und bei den Mooren. Im subalpinen Fuscum-Moor haben *Sphagnum fuscum*, *Sph. medium* u. a. verschieden hohen, aufbauenden, festigenden und erhaltenden Wert. *Polytrichum strictum*, meist festigend, kann in Spätstadien auch zerstörend wirken. *Aulacomium palustre*, *Oxycoccus microcarpus*, *Vaccinium uliginosum* sind in der Regel ± neutrale Gäste, während gewisse Flechten (*Icmadophila ericetorum*) und Lebermose (vorab *Leptoscyphus anomalus*) hochgradig zerstörenden Einfluß ausüben. *Calluna*, meist etwas kümmerlich und ± neutral, wirkt sekundär zerstörend in den durch die Lebermoose geschaffenen, oft von *Polytrichum strictum* ausgefüllten kleinen Schlenken: die Lebermoosschlenke wird zur Beschattungsschlenke. Sind die Bedingungen zur Erhaltung des Hochmoors wenig günstig, so kann sich ein Callunetum (-Fragment) entwickeln, wovon schließlich der Wald Besitz nimmt."

24. Höhenstufen

Gehen wir vom Tiefland höher und höher hinauf bis in die Stufe des ewigen Schnees, so ändert sich die Flora um uns her und mit ihr das ganze Landschaftsbild. Die einzelnen Pflanzenarten, wie die Pflanzengesellschaften, erreichen ihre obere Grenze des Vorkommens und verschwinden, andere treten auf und müssen wieder zurückbleiben, bis zuletzt nur noch die kühnsten Pioniere der Vegetation mit Hilfe ihres starken Mitkämpfers, der Sonne, dem Schnee ein Plätzchen abringen.

Jede Pflanzenart hat ihre obere und untere Grenze des Vorkommens, ihre Stufen, und all diese Artstufen greifen ineinander über, so daß der Wechsel der Gesamtflora allmählich erscheint.

Die Grenzen von Arten und Pflanzengesellschaften, die im Landschaftsbild besonders hervortreten, lassen den Übergang plötzlich erscheinen und haben schon früh zur Unterscheidung von Stufen geführt.

Eine Übersicht über die Vegetationsstufen der Alpen gibt schon 1555 Conrad Gessner in seiner Descriptio Montis Fracti (Zürich 1555) und dann besonders 1768 Haller in seinem be-

deutenden Werk: Historia stirpium indigenarum Helvetiae inchoata (1768) Tomus secundus Seite VIII; teilweise schon in der ersten Auflage 1742.

Kurz zusammengefaßt unterscheidet er:

1. Die Stufe mit polarem Klima und nivalen Pflanzen . . nival.
2. „ „ der magern steinigen Schafweiden . . . subnival.
3. „ „ der Kuhweiden mit den ersten Holzgewächsen eualpin.
4. „ „ der Fichtenwälder . . . . , . subalpin.
5. „ „ der Buchen und des Obst- und Getreidebaus montan.
6. „ „ die Stufe des Weinstocks in den wärmeren Teilen des Mittellandes und der unteren Alpentäler collin.
7. „ „ der italienischen Gewächse im Tessin . . insubrisch.

Vor Haller hatten vom physikalischen Standpunkt aus Bouguer und H. B. de Saussure zum erstenmal den Begriff der Höhengrenzen eingeführt und speziell die Schneegrenze behandelt, aber alle Stufen hat zuerst Haller erkannt.

Da die Höhenmessung zur Zeit Hallers noch unvollkommen war, konnte er seine Stufen nicht zahlenmäßig abgrenzen.

H. Zschokke hat u. a. in seinen forstwirtschaftlichen Werken Vegetationsstufen aufgestellt (1804), und dann in umfassender Weise Göran Wahlenberg:

De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali, Zürich 1813.

Von da an trifft man auf viele Stufeneinteilungen, die zusammengestellt sind in Schröters Pflanzenleben der Alpen (S. 8).

Die Prinzipien der Stufeneinteilung sind: Einteilung

1. Nach dem Klima,
2. „ den Grenzen auffälliger Einzelpflanzen,
3. „ den Grenzen vieler Arten und von Pflanzengesellschaften,
4. „ Land- und Alpwirtschaft.

Für die Soziologie kommt besonders die Verfolgung der Pflanzengesellschaften in Betracht unter Vergleich mit den andern Prinzipien, deren Material eine Übereinstimmung oder Verschiedenheit ergibt.

Die Grenzlinien, die wir bestimmen wollen, sind:

1. Obere und untere Grenzen der einzelnen Arten,
2. „ „ „ „ „ „ Pflanzengesellschaften,
3. Siedlungsgrenzen und Bewirtschaftungsgrenzen.
4. Waldgrenze,
5. Baumgrenze,
6. Zwerggrenze,

7. Holzgrenze,
8. Ehemalige Grenzen,
9. Orographische Schneegrenze,
10. Klimatische Schneegrenze.

Sendtner[1]) (1854) verlangt, daß die Stufen nicht nach der Grenze des Vorkommens einer einzelnen hervorstechenden Pflanzenart begrenzt werden, sondern nach den Höhenlinien, wo viele Arten aufhören und neue anfangen. Um zu ersehen, „ob di Änderungen, welche die Vegetation mit der Höhe erfährt, in allen Höhenabständen gleichmäßig vor sich gehen, oder ob sie sich in gewissen Höhen zahlreicher anhäufen", hat Sendtner für Südbayern durch zahllose Exkursionen die oberen und unteren Grenzen des Vorkommens der Gefäßpflanzenarten bestimmt. Es zeigt sich, daß Grenzenhäufungen vorkamen, die ziemlich zusammenfielen mit den Grenzen hervorragender Pflanzen: des Weinstocks, der Walnuß, der Eiche (untere montane Stufe), der Buche (obere montane Stufe), der Fichte (Voralpenstufe), des Knieholzes und der Heide (Strauchgürtel).

Es war nun von vornherein nicht sicher, ob dies in andern Gebieten auch so sein würde, muß also auch untersucht werden. Diese Methode ist auch sehr anzuraten. Diese statistische Methode ist seither von Brockmann im Puschlav, von mir im Berninagebiet durchgeführt worden und hat sich bewährt. Es hat sich ergeben, daß die Grenzhäufungen da auftreten, wo ein Hauptwechsel in den Pflanzengesellschaften vor sich geht. Es läßt sich dies auch leicht verstehen, da im Kampfgebiet sowohl die Arten der von unten her aufsteigenden Pflanzengesellschaften vorhanden sind, als auch schon die Arten der sie ablösenden, die hier ihre unteren Grenzen haben.

Je genauer ein Gebiet durchforscht wird, umso eher wird man sehr hohe und sehr tiefe außerordentliche Fundorte kennen. Dadurch werden die Grenzen übereinandergreifen, was bei der Aufstellung zu berücksichtigen ist.

Als Beispiel seien zur Erläuterung die Grenzzahlen fürs Berninagebiet angegeben (Berninazahlen mit Ergänzungen aus Brauns Schneestufe):

---

[1]) O. Sendtner, Die Vegetationsverhältnisse Südbayerns nach den Grundsätzen der Pflanzengeographie und mit Bezugnahme auf Landeskultur geschildert. München 1854, S. 372.

Berninagebiet

Höhen Meter ü. Meer	Artengrenzen untere		Artengrenzen obere	Artengrenzen total	Stufe	Grenzen
3500			2	2	nival	
3400—3499			5	5	nival	
3300—3399			0	0	nival	
3200—3299			39	39	nival	
3100—3199			14	14	nival	
3000—3099			39	39	nival	klimat. Schneegrenze
2900—2999			36	36	subnival	
2800—2899			21	21	subnival	
2700—2799			42	42	subnival	
		43				
2600—2699	1		99	100	alpin	Grenze d. geschloß. Rasens
		103				
2500—2599	4		49	53	alpin	
		53				
2400—2499	4		59	63	alpin	
		66				
2300—2399	5		62	67	alpin	
		86				
2200—2299	24		63	87	subalpin	Baumgrenze, Waldgrenze
		90				
2100—2199	27		47	74	subalpin	
		66				
2000—2099	19		60	79	subalpin	
		90				
1900—1999	30		34	64	subalpin	
		56				
1800—1899	22		45	67	subalpin	

Das Übereinandergreifen sehen wir darin, daß die Wechselzahlen tatsächlich größer sind, wenn man von den untern Grenzen den um 100 m tiefern Aufhörsatz zu dem der oberen Grundzahlen zählt, also die untern Grenzen 1900—1999 zu den obern 2000 bis 2099, die untern 2100—2199 zu den obern 2200—2299.

Sehen wir nun zu, wie es sich mit den Grenzen der hervorragenden Einzelarten verhält, also den etwa schon verwendeten Bäumen und Sträuchern.

Arve	Baum	2400 m	Zwerg	2580 m
Lärche	„	2300 „	„	2660 „
Legföhre				2450 „
Calluna				2510 „

Mit diesen einzelnen Höchstzahlen läßt sich nicht viel machen, wie man sieht, es müßten mittlere Höchstzahlen gesucht werden. Dies tut Sendtner mit Erfolg. Aber es gibt eine

Menge Korrekturen anzubringen, deren Bestimmung zum Teil recht unsicher ist:

1. Berücksichtigung der Exposition,
2. „ „ Längengrade,
3. „ „ Breitengrade,
4. „ von Tal- oder Berglage.

1. Korrektur für die Exposition

Es ist allgemein bekannt, daß die Höhengrenzen je nach der Exposition verschieden sind. Will man nun die mittlern Höhengrenzen bestimmen, so muß man die Grenzen in jeder Exposition für sich nehmen. Daraus erhält man eine mittlere Höhengrenze und ersieht, um wieviel bei jeder Exposition die Grenze höher oder tiefer liegt. Dies läßt sich aber nur ausführen mit Arten, die massenhaft und zugleich in jeder Exposition vorkommen, sonst, wenn man nicht viele Zahlen hat, erhielte die Grenzzahl etwas zufälliges. Sendtner nimmt dazu die in Südbayern allgemein verbreitete Fichte, *Picea excelsa*, und erhält folgende Korrekturzahlen (seine Pariserfuß in Meter umgerechnet. 1854, S. 721):

SE	= — 15 m	NW	= + 18 m
S	= — 90 „	N	= + 87 „
SW	= — 108 „	NE	= + 105 „
W	= — 63 „	E	= + 66 „
	276 m		276 m

Bei jedem Pflanzenfund jeder Art muß nun je nach der Exposition der Fundstelle die betreffende Zahl zu- oder abgezählt werden.

Eine Pflanze, die man bei 1950 m an einem Südwesthang findet, trägt also Sendtner mit 1842 m in die Statistik der Höhengrenzen ein, eine Pflanze von einem Nordhang bei 1800 m mit 1887 m usw.

2. und 3. Berücksichtigung von Länge und Breite

Bei größeren Gebieten hat natürlich der allgemeine Klimawechsel nach den einzelnen Gebietsteilen seinen großen Einfluß auf die Höhengrenzen, einerseits der Wechsel von Nord nach Süd, anderseits der Wechsel von Ost nach West, der sich hauptsächlich nach dem Charakter der Ozeanität und Kontinentalität ändert. Kontinentale Gebiete haben höhere Pflanzengrenzen als ozeanische.

Sendtner verwendet zur Korrektur wiederum die Fichtengrenze und zwar teilt er Südbayerns Gebirge in drei Züge (Fig. 68):

I. Vorderzug, den nördlichsten und niedersten der weststreichenden Gebirgszüge.
II. Mittelzug.
III. Hauptzug, den südlichsten, höchsten Zug.

Quer dazu teilt er in 3 Stöcke (Fig. 68):

A. westlicher,
B. mittlerer,
C. östlicher Stock.

Dadurch wird das Gebiet in $3 \times 3 = 9$ Teile geteilt, der jeder seine Höhengrenzkorrektur erhält und zwar sind die Korrekturen für die Regionen nach Stöcken:

A. = — 32 m,
B. = — 16 m,
C. = + 48 m.

Nach Zügen:

I. = + 26 m,
II. = + 6 m,
III. = — 32 m,

also in den 9 Gebirgsgruppen:

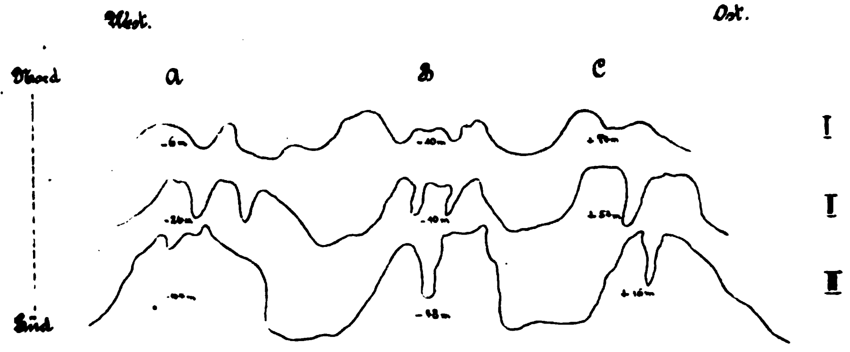


Fig. 68. Sendtners Korrektur der Arten-Höhengrenzen nach Gebirgsstöcken und Zügen

4. Berücksichtigung der Tal- und Berglage

Sendtner äußert sich folgendermaßen (1854, S. 270):

„Der Kontrast von Berg und Tal ist es, der von ungleichen Temperaturverhältnissen begleitet, so verschiedenen Einfluß auf die Vegetation ausübt.

„Wir unterscheiden nun am „Berge“: den freien Abhang und den Gipfel; am „Tale“: die Sohle und die abhängigen Seiten, die es einengen, letztere als Talhang, Tallehne, oder auch nach unserm oberbayerischen Sprachgebrauch als Talleiten. .

„Natürlich kommt die Enge und Tiefe des Tales in Betracht, und um so größer muß die Wirkung sein, je entschiedener der Gegensatz ausgeprägt ist.

„Vereinigt man die Talböden und Talstationen, so ergibt sich, daß in diesen die Baumgrenzen durchschnittlich um 6759 ′ (220 m) tiefer zu liegen kommen, als an den freien Abhängen.

„Da zwischen den entschiedenen Talstationen und den freien Abhängen, so schroff auch dieser Kontrast ist, dennoch alle Übergangsstufen statthaben, und sich für diese Grade in unsern Hilfsmitteln kein Maßstab findet, der die Größe eines jeden mit einer Zahl ausdrückte, so lassen sich diese Verhältnisse auf keine genaueren Bestimmungen zurückführen, als auf die Darstellung der mittleren Zustände, und in dieser vergleichen wir die Differenz der Baumgrenzen in Berg und Tal mit den dabei stattfindenden Temperaturdifferenzen.“

Eine Schwierigkeit ist natürlich, zu sagen, wie hoch geht die Tallehne mit der positiven Korrektur und wo beginnt die Berglehne mit der negativen Korrektur. Sendtner gelangt an Hand der Baumgrenzen, besonders von Buche und Fichte zu folgenden Korrekturen (seine Pariserfuß in Meter umgerechnet):

Korrektur zur Zahl der Talstation gegenüber Bergstationen (1854, S. 721)

Höhe über Meer		
650— 975 m	=	+ 325 m
975—1140 „	=	+ 260 „
1140—1300 „	=	+ 195 „
1300—1625 „	=	+ 130 „
1790—1950 „	=	+ 97 „

Die letzteren Korrekturen scheinen mir etwas problematisch, während die nach Expositionen leichter durchführbar sind. Die für Längen- und Breitengrade sind für kleinere Gebiete, wie sie die Monographien behandeln, nicht vorhanden. Für die Schweiz sind die Korrekturen für Expositionen wie für Gebirgsstocklagen überall vorhanden in den schönen Arbeiten von Imhof über die Waldgrenzen und von Jegerlehner über die Schneegrenzen

in der Schweiz (Zitat S. 260). Da solche Linien aber nicht parallel laufen, sondern in kontinentalen Gebieten weiter auseinander liegen als in ozeanischen, lassen sich die an der Waldgrenze gefundenen Zahlen nicht übertragen auf andere Höhengrenzen der Kulturstufe oder Laubwaldstufe.

Aus diesen Waldgrenzen für die ganze Schweiz lassen sich die Zahlen für die Nadelwaldstufe nach Exposition und Gebirgsstöcken herausnehmen, während man bei eigenen Untersuchungen in beschränktem Gebiet dies oft nicht kann. Im Berninagebiet z. B. (Bernina-Monographie S. 280) sind die Baumgrenzen durch Orographie und Bewirtschaftung so beeinflußt, daß sich nicht mehr viel über den Einfluß der Exposition herauslesen läßt. Unberührte Steilhänge und Gräte haben hohe Grenzen, beweidbare flachere Partien und zugängliche schlagbare haben niedere Grenzen.

Mehr oder weniger ausgeprägt erscheinen auch die Grenzzahlen, je nachdem, wie man für die Zusammenstellung die zusammenfassenden Gürtelzahlen wählt. Es ist natürlich willkürlich, je 100 m zusammenzunehmen (Sendtner nahm je 100 Pariserfuß). Man ist geneigt, runde Maßeinheiten zu wählen. Ferner ist es willkürlich, wie die 100 m in die Stufen hineingelegt werden, z. B. ob man zusammenstellt: 2000—2099, 2100—2199, 2200—2299, oder 2040—2139, 2140—2239, oder 2070—2169 usw.; und doch kann dies auf die Zahlen stark von Einfluß sein. Ein Beispiel: Da die Schneegrenze im Berninagebiet bei 2960 m ist, habe ich die Zahlen auch auf diese Hunderter gerechnet. Ein Vergleich ist interessant:

Höhenlage der oberen Artgrenzen im Berninagebiet:

3300—3399 m	= 0	3360—3459 m	= 4
3200—3299 „	= 39	3260—3359 „	= 34
3100—3199 „	= 14	3160—3259 „	= 11
3000—3099 „	= 39	3060—3159 „	= 13
2900—2999 „	= 36	2960—3059 „	= 52
2800—2899 „	= 21	2860—2959 „	= 22

Es zeigt sich dabei, daß, wenn die 100 m von der Schneegrenze an gerechnet werden, die Grenzanhäufung im ersten Hundertmeterintervall mit 52 viel ausgeprägter in Erscheinung tritt als bei der gewöhnlichen Abgrenzung nach runden Hunderterzahlen.

Die nochmalige Anhäufung der Grenzzahlen bei 3260 m erklärt sich aus orographisch-lokalen Tatsachen. Der für den hochgehenden Pflanzenwuchs überaus günstige Piz Languard, der zugleich der bestuntersuchte Berg ist, hat eine Höhe von 3266 m und es bildet sein Gipfelkegel daher für viele Pflanzen die höchste Fundstelle.

Sucht man den Grund zu dieser Anhäufung der Grenzen, die Sendtner zum ersten Male fand, so findet man ihn darin, daß die Arten eben aufhören, wo die Pflanzengesellschaften aufhören, zu deren Haushalt sie gehören.

Es ist also viel genauer, für die Stufenbildung statt der Grenzen der einzelnen hervorstechenden Arten, die Grenzen der von ihnen gebildeten Pflanzengesellschaften zu nehmen. Es wird also eine Hauptaufgabe sein, die obern und untern Grenzen der Pflanzengesellschaften zu untersuchen.

Aus all den Bestandesaufnahmen, bei denen man ja stets die Höhen notiert, ergibt sich die Höhenverbreitung der Gesellschaften.

Man versäume nicht, die Übersicht durch Herstellen einer Tabelle klar und deutlich zu gestalten. Beispiele solcher Tabellen finden sich in Schröter: Matten und Weiden (Zitat S. 204), S. 207, Brockmanns Puschlav (Zitat S. 221), S. 365 und Rübels Bernina (Zitat S. 222), S. 272, Roths Walensee[1]) u. a.

In dem vorhin gegebenen Beispiel der Artgrenzen (S. 259) erklären sich nun die 60 oberen Artgrenzen bei 2000 m mitten in der subalpinen Stufe als Grenze des Föhrenwaldes und besonders der Fettwiesen, die 63 und 62 bei 2200—2300 m als Grenzen des Arven- und Lärchenwaldes, das Maximum um 3000 m als Grenzen von *Caricetum curvulae, Polytrichetum* und *Luzuletum spadiceae.*

Nachdem wir die Grenzen im allgemeinen besprochen haben, muß noch auf eine Anzahl Einzelgrenzen eingegangen werden. Darüber bestehen für die Schweiz eine Anzahl unter Professor Brückner entstandene grundlegende Arbeiten:

Imhof, Die Waldgrenze in der Schweiz. Diss. Bern 1900 und Gerlands Beitr. z. Geophys., Bd. IV, Heft 3, Leipzig 1900.

Jegerlehner, Die Schneegrenze in den Gletschergebieten der Schweiz. Diss. Bern 1901 und Gerlands Beitr. und Geophys., Bd. V, Heft 3, Leipzig 1902.

---

[1]) A. Roth, Die Vegetation des Walenseegebietes. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft Zürich 1919.

Flückiger, Die obere Grenze der menschlichen Siedelungen in der Schweiz, abgeleitet auf Grund der Verbreitung der Alpenhütten. Diss. Bern 1906 und Zeitschrift für schweiz. Statistik, Jahrg. 1906, Bern.

de Quervain, Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in den Schweizeralpen und ihre Beziehungen zu den Höhengrenzen. Diss. Bern 1903 und Gerlands Beitr. z. Geoph., Bd. VI, Heft 4, Leipzig 1903.

Liez, Die Verteilung der mittleren Höhe in der Schweiz. Diss. Bern 1903 und XVIII. Jahresb. d. Geogr. Ges. von Bern 1903.

In diesen Arbeiten werden die Probleme an Hand der ausgezeichneten Karten des Siegfried-Atlasses gelöst.

Für das bekannte Ansteigen der Höhengrenzen mit der Massenerhebung liegen hier die zahlenmäßigen Grundlagen vor. Die Massenerhebung ist für alle Teile der Schweiz von Liez genau berechnet und ausgemessen worden, so daß man seine Tabellen und Karten stets konsultieren kann. Auf die Details der Methoden dieser speziellen Gebiete ist es hier nicht der Platz einzutreten, soweit es die Ausmessung der Karten anbetrifft, wohl aber für die Beobachtung in der Natur.

Einzelgrenzen

Bei der Grenzenbestimmung braucht man Höhenbarometer, Sitometer usw., Instrumente, die S. 138, 141 besprochen sind.

Baumgrenze

Die Baumgrenze findet sich meist an nicht leicht zugänglichen Felshängen, aber für genaue Zahlen muß sie eben begangen werden. Man notiere neben der Höhe über Meer bei kritischen Individuen auch deren Höhe. Mit der Zeit erhält man einen Begriff, was man noch als eigentlichen Baum ansprechen kann und was als Zwerg. Meist werden die kleinen Exemplare Krüppel genannt, es sind aber größtenteils wohl proportionierte Zwergexemplare, die durchaus nicht krüppelig aussehen, drum vermeide man den Namen Krüppel, nenne sie Zwerge.

Für unsere die Baumgrenze bildenden Fichten, Lärchen und Arven dürfte eine Grenze von 5 m angemessen sein, d. h. 5 m hohe und höhere Pflanzen sind als Bäume, „Hochstämme", anzusprechen, was unter 5 m hoch gewachsen ist als Zwerge.

Die Verbindungslinie der obersten Hochstämme ergibt die „Baumgrenze“. Da der Wald sich allmählich nach oben auflöst, ist eine Waldgrenze nicht leicht zu bestimmen. Sehr oft ist sie künstlich durch Schaffung von Weideplätzen herabgedrückt, dort dann plötzlich und leicht bestimmbar. Dafür muß man dort der ehemaligen klimatischen Baumgrenze nachgehen. Man sucht dafür:

1. Alte Baumstümpfe.
2. Baumleichen im Torf.
3. Früchte der Arve, Lärche, Fichte im Torf und in Tümpeln von *Sparganium affine* und Potamogetonen.
4. Waldbegleiter: *Luzula silvatica, Pyrola minor.*
5. Kampfstufenbegleiter: *Rhodoretum, Arctostaphyletum, Vaccinietum, Calamagrostidetum villosae.*

Schneegrenze

Die orographische Schneegrenze ist die Verbindungslinie der untersten, den Sommer überdauernden Schneeflecken.

Wichtiger ist die klimatische Schneegrenze.

Unter der klimatischen Schneegrenze versteht man (Richter, Jegerlehner) die Höhenlinie, welche die untere Grenze der dauernden Schneebedeckung unabhängig von der orographischen Begünstigung oder Benachteiligung gibt (Jegerlehner, S. 488), oder mit anderen Worten, die Höhe, in welcher der im Laufe eines Jahres auf horizontalen Flächen gefallene Schnee durchschnittlich gerade noch oder gerade nicht mehr geschmolzen wird.

Bestimmt wird sie am genauesten durch die orometrische Methode von Kurowski (Jegerlehner, S. 490). Er fand, daß die Höhe der Schneegrenze genau der mittleren Höhe der Gletscher entspricht.

Mit dem Amslerschen Polarplanimeter[1]) vermißt man auf der Karte die Gletscher und bestimmt so die Schneegrenze des einzelnen Gletschers. Bildet man aus den Werten für die einzelnen in verschiedener Exposition liegenden Gletscher einer Gruppe das

---

[1]) Das bekannte von Prof. Jakob Amsler-Laffon 1854 erfundene Instrument (jetzt hergestellt von Gebrüder Amsler, Fabrik zur Herstellung von feinmechanischen Instrumenten, Schaffhausen), mit welchem man durch bloßes Umfahren einer Figur deren Inhalt ablesen kann. Zur Vermessung der Vegetationskarten auch sehr gut zu gebrauchen (Fig. 69).

Mittel, so ergibt sich mit ziemlicher Genauigkeit die von orographischen Zufälligkeiten befreite klimatische Schneegrenze.

Zur Kontrolle wende man noch die Brücknersche Gipfelmethode an. „Gipfel, die trotz geeigneter Gestaltung ihrer Hänge der Gletscher entbehren, müssen unterhalb der Schneegrenze gelegen sein oder nur ganz unbedeutend über sie emporragen. Die Höhe dieser Gipfel gibt einen unteren Grenzwert der Schneegrenzhöhe. Wenn andere höhere Gipfel Gletscher tragen, so ergeben sie einen oberen Grenzwert. Dazwischen liegt die wahre Schneegrenze. Man hüte sich, Firnflecken zu verwenden, diese bleiben auch unterhalb der Schneegrenze liegen."

Machen wir die Probe im Berninagebiet, dessen Schneegrenze wir nach der orometrischen Methode gefunden haben.

Wir finden:

Piz Trovat	3154 m	mit Firn,
„ Alv	2979 „	mit kleinem Firnfleck,
„ Lagalb	2963 „	ohne Firn,
„ Tschüffer	2920 „	ohne Firn.

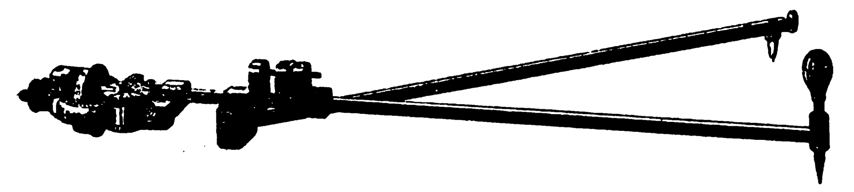


Fig. 69. Amslersches Polarplanimeter

Die Bestimmungen variieren dann aber noch von Jahr zu Jahr. In den kühlen Sommern blieb z. B. auf Piz Lagalb alter Schnee auf dem Gipfel liegen bis wieder neuer dazu kam, in den durchschnittlichen und wärmeren Sommern dagegen nicht.

Im ganzen können wir mit den Ergebnissen der Gipfelmethode die vorher gewonnenen bestätigen. Die Gipfelmethode hat natürlich die Schwierigkeit, daß ein Gebiet meist nicht gerade reichlich Flachgipfel besitzt in den gewünschten kritischen Höhenlagen.

25. Assoziationsschlüssel

Es ist dies ein sehr wichtiges Kapitel, aber noch sehr wenig bearbeitet, da man erst dahinter gehen kann, wenn man ein Gebiet sehr gut kennt. Dann kann man als Resultat der Notizen eine Zusammenstellung machen. Man notiert für jede Assoziation die

Bedingungen ihres Vorkommens. Durch Vergleich ersieht man die Bedingungsunterschiede. Um sie sich nun vollends klar zu machen, stelle man sie so einander gegenüber, daß eine Art Bestimmungsschlüssel der Pflanzengesellschaften entsteht. Wenn dies erst in vielen Gebieten durchgeführt sein wird, entsteht viel neue Kenntnis daraus.

Als Beispiel, wie dies aufzufassen ist, sei verwiesen auf die Übersicht der hochalpinen nordschwedischen Gesellschaften von A. Cleve[1]), S. 33 und auf die Standortsübersicht der Wiesentypen bei Broekmann, Puschlav S. 292. Für das an das Puschlav angrenzende Engadiner Berninagebiet sei hier ein Beispiel gegeben:

Berninagebiet, Assoziationsschlüssel

I. Nadelwald

A Boden meist frisch bis etwas feucht

1. Neuland, Schuttkegel, Alluvialboden des unteren Gürtels der subalpinen Stufe — *Deciduo-Laricetum pratosum*
2. Blockhalden, Felshänge des obern Gürtels der subalpinen Stufe — *Cembretum fruticulosum*

A⁰ Boden trocken (nur im Haupttal mit stärker ausgeprägter Kontinentalität)

3. *Pinetum engadinensis*

II. Hochstämmige Gebüsche

A Boden wenigstens zeitweise überschwemmt

4. An Bach- und Flußufern — *Salicetum mixtum*

A⁰ Boden nicht überschwemmt

5. Auf trockenem Boden an sonnigen Steilhängen — *Pinetum montanae prostratae*
6. Auf frischem bis etwas feuchtem Boden in schattigerer Lage — *Alnetum viridis*

III. Kleinstrauchgesellschaften

A Auf Kalk

7. *Dryadetum octopetalae*

[1]) Astrid Cleve, Zum Pflanzenleben in nordschwedischen Hochgebirgen. Einige ökologische und phänologische Beiträge. Meddelanden från Stockholms Högskola 209. Bihang till K. Svenska Vet. Akad. Handlingar, 26, III, Nr. 15, Stockholm 1901.

A⁰ Auf Urgestein B
B Ausschließlich in der alpinen Stufe und im Kampfgürtel des Waldes
8. *Azaletum procumbentis*
B⁰ In der subalpinen und z. T in der alpinen Stufe C
C An sonnigen trockenen Südhängen
9. Auf humosem tiefgründigerem Boden
Juniperetum
10. Auf magerem flachgründigerem Boden
Arctostaphyletum
C⁰ Meist an Ost-, West- und Nordhängen oder im Waldesschatten D
D Auf humosem Waldboden in jeder Lage und jeder Neigung stellenweise bis zur ehemaligen Waldgrenze vordringend
11. *Rhodoretum*
12. *Vaccinietum myrtilli*
D⁰ An steilen bewaldeten Hängen namentlich in Nord- und Ostlagen
13. *Calamagrostidetum villosae*

IV. Hochstaudenflur.

A Boden ungedüngt oder schwach gedüngt
14. *Ostruthietum*
A⁰ Boden stark gedüngt
15. Überdüngte Plätze um die Sennhütten
Staudenläger
16. Weniger überdüngte regelmäßig benützte Lagerstellen Rasenläger

V. Trocken-, Frisch- und Fettwiesen

A Boden frisch-feucht oder gedüngt B
B Boden gedüngt C
C Im unteren und mittleren Gürtel der subalpinen Stufe
17. Bei reichlicher, gleichmäßiger Düngung, ohne Beweidung, in jeder Lage bis 2050 m
Trisetetum flavescentis
18. Bei schwächerer oder unregelmäßigerer Düngung, auf frischem bis feuchtem Boden, meist in Mulden
Agrostidetum tenuis

19. Ebenso, aber auf trockenem Boden, meist auf kleinen Erhebungen *Festucetum rubrae fallacis*

C⁰ Im obern Gürtel der subalpinen Stufe, Boden etwas gedüngt, Matte gemäht

20. *Poetum alpinae*

B⁰ Boden ungedüngt D

D Auf Kalk

21. In Mulden, wo das Wasser sich sammelt oder langsam fließt *Salix retusa*-Schneetälchen

22. An flachen trockenen Stellen auf nährstoffreichem Weideboden *Trifolietum Thalii*

D⁰ Auf Urgestein

23. Boden mehr oder weniger humos, Rinnen und Mulden des Schmelz- und Regenwassers Schneetälchen

24. Feuchte Blockschutthalden *Luzuletum spadiceae*

A⁰ Boden trocken E

E In der subalpinen Stufe F

F Auf Urgestein

25. Auf offenen, flachen oder schwach geneigten Weideflächen bis 2150 m *Trifolietum repentis*

26. Auf trockenen humosen Waldwiesen *Nardetum*

F⁰ Auf Kalk

27. In jeder Stufe *Seslerietum coeruleae*

E⁰ In der alpinen Stufe G

G Auf Urgestein H

H An steilen Süd- und Westhalden

28. Boden mit reichlich Feinerde *Caricetum sempervirentis*

29. Felshänge, Boden sehr flachgründig *Festucetum variae*

H⁰ An flachen Stellen und schwach geneigten Hängen, auf Rundhöckern in jeder Lage

30. Vorherrschend im obern Gürtel der alpinen Stufe bis 3120 m *Caricetum curvulae*

31. Vorherrschend im untern Gürtel der alpinen Stufe bis 2500 m *Nardetum*

G° Auf Kalk

I Boden mit reichlicher Feinerde

32. An steilen, treppenartig gestuften Südhalden *Seslerietum coeruleae*

33. An schwach geneigten Südhängen, nur kleinere Bestände *Elynetum*

I° Boden Felsschutt mit wenig Feinerde

34. Auf Schuttkegeln der Wildbäche *Anthyllidetum*

35. An steilen felsigen Hängen in jeder Lage *Caricetum firmae*

VI. Sumpffluren (*Humidiprata* und *Sphagniprata*)

A Meist nur von atmosphärischem Wasser gespeist (Hochmoorboden)

36. Von Bäumen beschattet *Sphagnetum piniferum*

37. Unbeschattet *Sphagnetum commune*

A° Von tellurischem und atmosphärischem Wasser gespeist (Flachmoorboden)

B An geneigten bis steilen Hängen

38. In der alpinen Stufe auf Urgestein *Caricetum frigidae*

39. In jeder Höhenlage und auf jeder Unterlage *Deschampsietum caespitosi*

B° An flachen oder schwach geneigten Stellen

C Boden feucht, etwas sandig

40. *Trichophoretum oliganthi*

C° Boden mehr oder weniger vertorft, nicht sandig

41. Boden stark versumpft *Trichophoretum caespitosi*

42. Boden stark versumpft *Caricetum Goodenowii*

43. Boden naß, weniger versumpft *Hydro-Nardetum*

VII. Wasserwiesen (*Aquiprata* z. T.)

A Im stehenden oder langsam fließendem Wasser B

B Emerse Verlandungsbestände am Rande von Tümpeln und Seen C

C In der subalpinen Stufe

44. Am weitesten (bis 1 m) ins Wasser vordringend (nur am Stazersee) *Phragmitetum* inkl. Best. v. *Menyanthes*

45. Im Wasser und auf verlandetem Sumpfboden (bis ca. 50 cm tief) häufig bis in die alpine Stufe *Caricetum inflatae*

C° In der alpinen Stufe

46. *Eriophoretum Scheuchzeri*

B° Submerse Bestände, im Wasser flutend D

D Völlig untergetaucht, am Grunde der Gewässer

47. Ca. 1 m unter Wasser gürtelbildend *Nitelletum gracilis*

48. Ca. 50 cm unter Wasser gürtelbildend *Hippuridetum*

D° Laubblätter an der Wasseroberfläche schwimmend

49. In einer Tiefe von 20—50 cm wurzelnd *Sparganietum*

50. Meist an tiefern Stellen wurzelnd *Potamogetonetum* und *Ranunculetum flaccidi*

A° In rasch fließendem Wasser

51. In kaltem, klarem Quellwasser bis zur alpinen Stufe *Cardaminetum amarae*

52. In langsamer fließenden Nebenwassern des Inns *Catabrosetum*

VIII. Gesteinsfluren

A Auf anstehendem festem Fels B

B Auf Kalk

53. subalpine Felsflur

54. alpine Felsflur

55. subnival-nivale Felsflur

B° Auf Urgestein

56. subalpine Felsflur

57. alpine Felsflur

58. subnival-nivale Felsflur

A° Auf Verwitterungsprodukten des Anstehenden C

C Der Boden ist wenigstens zeitweise überschwemmt

59. Auf subalpinen Bachalluvionen *Myricarietum*

60. Auf alpinen Bachalluvionen — Alluvialflur ohne *Myricaria*

C⁰ Der Boden ist nicht überschwemmt — D

D Der Schutt ist in Bewegung begriffen (Halden) — E

E Die Bewegung ist dauernd

61. — subalpine Geröllflur

62. — alpine Geröllflur

63. — subnival-nivale Geröllflur

E⁰ Die Bewegung ist meist mehr oder weniger zum Stillstand gelangt

64. — Moränenflur

D⁰ Der Schutt ruht (nur in der subnival-nivalen Stufe ausgebildet)

65. Auf Urgestein — Schuttflur auf Urgestein

66. Auf Kalk — Schuttflur auf Kalk

26. Kartographie

261. Allgemeines

Ein sehr wichtiges Gebiet der Untersuchungen ist das genaue Festhalten der Ergebnisse in kartographischer Darstellung. Vieles läßt sich bildlich darstellen, was mit Worten gar nicht oder nur mit unübersichtlichen, weitläufigen Beschreibungen auszudrücken möglich wäre. Auch für den Untersuchenden selbst ist es von Vorteil, es zwingt ihn zu genauer Beobachtung, zu klaren Entscheidungen an Ort und Stelle. Er muß sich Rechenschaft geben über die Gliederung der Pflanzengesellschaften seines Gebietes. Dadurch werden Ergebnisse gefördert, die sonst vielleicht nicht erkannt worden wären. Was in unser Gebiet der Besprechung der Pflanzenbestände fällt, sind die Vegetationskarten. Es sind dies nicht alle pflanzengeographischen Karten. Eine sehr schöne Übersicht über das Viele auf dem Gebiet der pflanzengeographischen Kartographie geleistete hat Schröter am Brüsseler Kongreß ausgestellt und in den Ergebnissen des Kongresses ausgearbeitet.

Diese Zusammenfassung geobotanischer Kartographie heißt: „Über pflanzengeographische Karten“ und findet sich in den Verhandlungen des III. intern. Botanikerkongresses in Brüssel 1911

(Bd. 2, S. 97—154). Dort ist die reichhaltige Kartenliteratur nachzusehen.

Schröter teilt die Karten ein in:

1. Autochorologische Karten, welche die Verbreitung systematischer Einheiten darstellen.

2. Synchorologische Karten zur Darstellung der ökologischen Faktoren und der Pflanzengesellschaften,

3. Epiontologische Karten, die sich auf die Geschichte der Pflanzenwelt beziehen.

4. Floren- und Vegetationskarten ganzer Länder und der ganzen Erde.

Mit der ersten Abteilung, der Verbreitung sippensystematischer Einheiten haben wir uns hier nicht zu beschäftigen. Für uns kommt in erster Linie die 2. Gruppe der synchorologischen Karten in Betracht, sowie die dazu gehörenden Vegetationskarten ganzer Länder. Es handelt sich um die Darstellung der Verbreitung der Pflanzengesellschaften. Richtlinien dazu finden sich außer in der schon genannten Schröterschen Arbeit in Flahault und Schröters „Phytogeographische Nomenklatur“ zum Brüsseler Kongreß 1910. Zu unseren Karten gehört auch die Darstellung der Faktoren, also Karten der Wärmeverteilung, Regenverteilung usw. Diese meteorologisch-klimatologischen Karten sind in jedem Schulatlas zu finden. Ich brauche darauf nicht näher einzugehen. Leider fehlen, wie bei der Faktorenuntersuchung schon angeführt, Daten über viele pflanzlich wichtige klimatische Faktoren. Wünsche sind demnach vorhanden nach Verdunstungskarten, Regenstundenkarten, Karten der Temperatur an der Sonne, im Boden.

Für Klimakarten sei noch speziell auf die Arbeiten von Köppen und Hettner verwiesen. Bodenkarten gibt es auch eine ganze Anzahl.

Bei den eigentlichen Vegetationskarten haben wir diejenigen in ganz großem Maßstab auszuscheiden. Es sind dies die schon in früheren Kapiteln besprochenen kartographischen Bestandesaufnahmen nach der Quadratmethode und ähnlichen dazu gehörigen Methoden.

Gehen wir nun näher ein auf die Darstellung der Pflanzengesellschaften eines kleineren Gebietes. Auseinandersetzungen über die Methode der Darstellung verdanken wir vor allem Flahault und Drude. Die erste Karte dieser Art ist aber von Schröter (Das St. Antöniertal im Prättigau in seinen wirtschaftlichen

und pflanzengeographischen Verhältnissen. Landw. Jahrb. der Schweiz 1895) herausgegeben. Flahault erörtert seine Vorschläge 1896: Au sujet de la carte botanique, forestière et agricole de France et des moyens de l'exécuter (Ann. de Géogr. 1896) und gibt dann im folgenden Jahre eine Karte heraus: Essay d'une carte botanique et forestière de la France (Feuille de Perpignan) (Ann. de Géogr. 1897). Im Gegensatz zu den andern Forschern will Flahault nicht die gegenwärtige Vegetation darstellen, sondern die ursprüngliche. Dies hat natürlich großen Reiz, besonders im Mittelmeergebiet, wo die früheren großen Wälder längst abgeholzt sind und Hartlaubgebüsche bis zu Trockeneinöden die Landschaft bedecken. Hier drängt die Erkenntnis neuerer Aufforstung mit Notwendigkeit direkt dazu. Es liegt darin aber naturgemäß viel subjektiv Hypothetisches. Die andern Forscher verlegen sich mehr darauf, die wirklich vorhandene Vegetation darzustellen, so auch die auf Flahault basierende großbritannische Vegetationskartographie.

Während also Schröters St. Antönien die erste und Flahaults Perpignan die zweite auf modernen Erkenntnissen der Pflanzengesellschaften aufgebauten Karten darstellen, kam Drude erst 1907[1]) dazu, von seinen Karten zu veröffentlichen, zu denen er schon seit vielen Jahren die Originale ausgearbeitet und darüber an Kongressen 1899, 1904, 1905 usw. vorgetragen hatte. Seine Grundlinien für die Vegetationskartographie hatte er schon wiederholt ausführlich in Vorträgen und Schriften dargelegt und viel zur Ausbildung derselben beigetragen. Es mag von Interesse sein, einige Sätze aus dem Begleittext seiner Karten von Weinböhla, Tschirnsteine und Altenberg zu zitieren. Er sagt (1907, S. 2): „Die kartographische Methode und Darstellung bildet die letzte, unumgängliche Ergänzung der speziellen Arbeiten über die Vegetationsformationen. Die großen pflanzengeographischen Übersichten über die gesamte Erde greifen das Markanteste, physiognomisch wie ökologisch am meisten Verständliche und Auffallende heraus; die Landesfloren haben schon sorgsamer auf die feineren Züge des Formationsbildes einzugehen, aber erst die kartographische

[1]) O. Drude, Die kartographische Darstellung mitteldeutscher Vegetationsformationen I. Weinböhla, II. Tschirnsteine, III. Altenberg. 1907. Beiblatt 93 von Englers Bot. Jahrb. 40. 1908.

O. Drude, Pflanzengeographische Karten aus Sachsen. Mitt. Verein für Erdkunde zu Dresden, H. 7, 1908, S. 83—129.

Aufnahme einer Einzellandschaft muß allen Fragen, welche auftauchen können, gerecht werden; die Karte zwingt den Floristen zu endgültigen Entscheidungen an Ort und Stelle."

Über seine Absichten sagt Drude weiter folgendes:

Diese „topographischen Formationsbilder", wie man zweckmäßig solche ausgewählte Landschaften in Kartendarstellung von 1 : 25000 nennen kann, verfolgen also die Absicht:

1. beim Gebrauch an Ort und Stelle Rechenschaft zu geben über die für einen bestimmten Florenbezirk faktisch vollzogene Gliederung der Vegetationsformationen,

2. die Einreihung der floristischen Assoziationen in die herrschenden Formationen durch den begleitenden Text zu vervollständigen,

3. die Abhängigkeit des Auftretens sowohl bestimmter Formationen als auch der Assoziationen, von klimatisch-edaphischen Bedingungen im einzelnen zu verfolgen,

4. Vergleiche aus dem weiten Bereich eines Florengebietes nach diesen Richtungen hin anzustellen, sobald erst Proben aus verschiedenartigen Ländern nach der gleichen Methode in möglichst gleichartiger Farbengebung vorliegen.

Als allgemeiner Grundsatz für die Auswahl solcher Proben muß daher der nützliche Endzweck im Auge behalten werden, die Beziehung der Bodenbedeckung zu den maßgebenden äußeren Faktoren aus ihnen hervorgehen zu lassen und dabei durch die Karten die allgemein angenommenen Formationsbezeichnungen (verschiedene Waldtypen, Wiesen, Heiden usw.) durch Eingehen auf die herrschende Facies geselliger Arten und floristisch bestimmender Charakterpflanzen mit der besonders ausgeprägten Landesflora zu verbinden. Die Karte ist dann ein wesentliches Hilfsmittel für die Vertiefung pflanzengeographischer Forschung; sie bildet Verbreitungs- und Verteilungsverhältnisse in einer ganz neuen Weise ab, sie fordert von dem, der sie herstellt, ein inniges Eingehen auf die maßgebenden äußeren Faktoren. Der Hersteller kann sich in der Tragweite der einzelnen Faktoren irren, aber die durch sie gebotene Grundlage wird trotzdem das ganze Kartenbild beherrschen."

Ich brauche wohl kaum mehr zu betonen, wie wichtig solche Vegetationskarten für unsere Wissenschaft sind, darüber hinaus aber auch für die Forstwirtschaft, Landwirtschaft, für das Kulturingenieurwesen usw.

Nun zu den technischen Einzelheiten der Darstellung. Flahault wie Drude haben Farbensignaturenvorschläge gemacht für Europa, Engler 1908[1]) dann besonders für die tropischen Gebiete. So wurde theoretisch und auch durch die Herausgabe vieler Karten praktisch weiter gearbeitet und wollen wir uns nun auf den jetzigen Stand der Ansprüche an die Karte konzentrieren. Es handelt sich darum, den richtigen Ausdruck für Pflanzengesellschaften zu finden und dann Einheitlichkeit anzustreben; zunächst für das einzelne Land. Als weiterer Ausblick bleibt dann eine Skala für die ganze gemäßigte und kalte Zone, deren Aufstellung schon lange dringend gewünscht wird. So wollen wir etwas näher auf die Vorschläge der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft eingehen[2]). Verschiedene Zuschriften aus dem Ausland haben diese Vorschläge sehr begrüßt und wollen sie zur Annahme prüfen.

In erster Linie müssen wir uns fragen: Was können und was wollen wir darstellen? Die Vegetationskarten sollen eine möglichst genaue Übersicht bieten über die Pflanzengesellschaften eines Gebietes und ihr Einschmiegen in die Topographie. Bei typischen, weit verbreiteten Assoziationen wird es die Assoziation sein, deren Verbreitung wir darstellen können, bei anderen Gesellschaften erst die höhere Einheit, die Formation, wo der rasche Wechsel der Einzelassoziation oder das bloße punktweise Vorkommen es verlangen.

Was für Maßstäbe eignen sich dafür? Für die Schweiz mit ihrem komplizierten Aufbau kommen als Unterlage von den vorhandenen topographischen Karten nur die Maßstäbe 1 : 25000 und 1 : 50000 in Betracht. Schon mit 1 : 100000 würde sich nur in wenigen Gegenden des Mittellandes noch mit Vorteil arbeiten lassen. Einen bedeutenden Vorteil wird uns die ersehnte und angestrebte Karte in 1 : 25000 in den Gebirgsgegenden bieten, die bisher nur in 1 : 50000 besteht.

In einfacher gebauten Ländern kann mit dem Maßstab natürlich ruhig weiter gegangen werden. In England z. B. sind schöne

[1]) A. Engler, Die Vegetationsformationen tropischer und subtropischer Länder. In übersichtlicher Zusammenstellung nebst farbigen Signaturen zur Verwendung für Vegetationskarten. Englers Bot. Jahrb. 41, 1908, S. 367—372.

[2]) E. Rübel, Vorschläge zur geobotanischen Kartographie. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme 1, hsg. von der Pflanzengeographischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Zürich 1916.

Resultate erzielt worden mit den Maßstäben 1 : 63360 (one mile to one inch) und auch 1 : 126720 (2 miles to one inch). Kurvenkarten eignen sich gut, Schraffenkarten im allgemeinen schlecht für einen komplizierten Vegetationsüberdruck. Die Verbreitung einer einzelnen Tatsache läßt sich auf der Schraffenkarte wohl darstellen, aber nicht Abstufungen in vielen Farben. Unsere Überdrucke 1 : 100000, in denen der Wald grün angegeben ist, sind zweckdienlich, aber auf den österreichischen Vegetationskarten stören die Schraffen sehr. Die ganze Karte macht den Eindruck der dunkeln Bemalung, die das Kartenbild zerstört. Schaut man genauer zu und vergleicht vorsichtig die Farbtöne, so wird man erkennen, daß der dunkle Eindruck in der Hauptsache von der schwarzen Schraffenunterlage herrührt und viel weniger von der eigentlichen Farbe, die in vielen Fällen nicht dunkler ist als die hell und angenehm anmutenden Töne der wundervollen Hagerschen Vorderrheintalkarte[1]). Allerdings kommt bei der österreichischen Schraffenkarte noch ein Mangel in der kartographischen Ausführung stark zur Geltung: Die einzelnen Pflanzengesellschaften sind durch eine dicke schwarze Linie getrennt (sie mißt etwa $^2/_3$ mm Durchmesser, das entspricht beim Maßstab jener Karte, 1 : 75000, einem 50 m breiten Strom), während die Trennungslinie auf der Karte 10mal dünner sein könnte oder besser überhaupt vermieden werden sollte. Dies haben die Schweizer Karten bisher schon getan, ohne daß sich die von einigen Seiten befürchteten Schwierigkeiten für den Drucker hindernd in den Weg gestellt hätten.

Nunmehr fragen wir uns: Was gehört auf die Karte und was muß ausscheiden? Wir dürfen sie nicht so überladen, daß man die Übersicht verliert. Die Karte soll nicht den Text ersetzen. Eine Vegetationskarte soll nicht zugleich eine systematisch-floristische und eine klimatische und eine Bodenkarte sein wollen. Auch hier zeigt sich in der Beschränkung der Meister. Man soll es vermeiden, floristische Ziele mit den soziologi-

[1]) P. Karl Hager, Verbreitung der wildwachsenden Holzarten im Vorderrheintal (Kanton Graubünden) 4° 431 Seiten Text, 2 Vegetationskarten und 4 Lichtdrucktafeln. Bern 1916, als 3. Lieferung der Erhebungen über die Verbreitung der wildwachsenden Holzarten in der Schweiz, bearbeitet und veröffentlicht im Auftrage des schweiz. Departements des Innern unter Leitung der schweiz. Inspektion für Forstwesen, Jagd und Fischerei in Bern und des Botanischen Museums der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.

schen zu vermengen. Darum soll man sich mit den Vorschriften für Farbenwahl und für Zeichenwahl auf die für die Schweiz oder Europa gesellschaftlich wichtigen Typen beschränken. Bietet dann ein Einzelgebiet wichtig Darzustellendes, das anderwärts nicht von Bedeutung ist, so kann man eine Ausdruckswahl ruhig dem betreffenden Bearbeiter überlassen.

Das vorgeschriebene Zeichen, z. B. eines Baumes, soll den Wald bezeichnen, in dem dieser Baum dominiert. Man glaube nun ja nicht, jeder Baum einer Art, für die überhaupt ein Zeichen besteht, müsse auf der Karte eingetragen werden. Auch die Zwergstrauchzeichen sollen nur verwandt werden, wenn man Nachdruck auf die Alternation in der Bodendecke legen will oder wenn man das Zusammenfallen von Zwergstrauchgrenze mit Krüppelgrenze oder ähnliche Spezialfälle dartun will. Klimakarten und Bodenkarten sind sehr wichtig, aber ich glaube, wir dürfen sie nicht in die Vegetationskarte hineinnehmen wollen. Hingegen ließe sich dies mit durchsichtigen Auflagekarten machen. Wenn auf solchen Kalkboden, Urgesteinsboden, Dolomitboden, um nur einige der geobotanisch wichtigsten Bodenarten zu nennen, eingetragen werden, läßt sich durch Darüberlegen dieser Karte über die Vegetationskarte der Zusammenhang schön ersehen. Die Auflagekarten können auch angewandt werden, wenn man wünscht, floristisches Vorkommen neben der Verteilung der Pflanzengesellschaften zu zeigen.

Was zeigt uns schon die topographische Karte an geobotanischen Tatsachen? Schon vieles ist z. B. aus dem schweiz. Siegfriedatlas zu ersehen. Der Wald im allgemeinen ist eingezeichnet, ferner der Sumpf und die Unterlage offener Pflanzengesellschaften: Fels und Geröll.

Das eidgenössische topographische Bureau ist zurzeit damit beschäftigt, eine weitergehende Unterscheidung in Farben zu versuchen. So zeigen die neuesten Probekarten die Rebgelände in Karmin punktiert. Der bisher schwarzgedruckte Wald ist grün, und es ist darin unterschieden: punktierter Niederwald, geringelter Hochwald und speziell herausgehoben sind die durch gestrichelte Kreise dargestellten Kastanienselven. Das letztere Zeichen können wir direkt übernehmen.

Die topographischen Karten anderer Länder sind zum Teil schon recht weit in geobotanische Einzelheiten eingegangen. So zeigt z. B. die topographische Karte des Deutschen Reiches den

Laubwald, den Nadelwald, Gebüsch, Heide, Wiese, Sumpf, Moor, regelmäßige Baumanpflanzung, Weingärten, Hopfenpflanzung. Auch die französische Karte 1 : 100000 gibt die Wälder durch grüne Farbplatte an, die neuen Karten 1 : 50000 verschiedene Kulturpflanzen und Wälder.

Was für Ansprüche machen wir an die Farbengebung? Das Ideal der Farbengebung wäre eine möglichste Anpassung an die Natur. Diese wird jedoch durch eine Reihe anderer notwendiger Rücksichten eingeschränkt. Die Deutlichkeit darf darunter nicht allzusehr leiden. Es ist gar vieles grün in der Natur, besonders in unserm Klima; wir können aber nicht alles grün malen, wenn die verschiedenen grünen Pflanzengesellschaften auf der Karte sich deutlich voneinander unterscheiden sollen. Daneben soll das Kartenbild möglichst wenig gestört werden; im Gegenteil trachtet man darnach, es bei der Kolorierung noch zu heben. Am geeignetsten sind möglichst leichte, helle Farben als Flächentöne. Dies bot allerdings dem Kartographen gewisse Schwierigkeiten, die aber bei dem heutigen Stand der Technik überwunden sind.

In der Auswahl der Farben wollen wir uns möglichst an schon vorhandenes Gutes anlehnen, d. h. aus den Erfahrungen, die sich aus der schönen Anzahl publizierter Karten ergeben, schöpfen und weiterbilden. Man hat schon ziemlich allgemein die gelbe Farbe für xerophile Pflanzengesellschaften gewählt, blau für hydrophile; zum Teil zeigen auch schon die topographischen Karten diese beiden Farben. Ist für die stark und gleichmäßig verbreiteten Gesellschaften der Flächenton anzuwenden — und man sollte darauf sehen, dies möglichst viel zu tun, da Flächenton am besten wirkt —, so muß man bei Gesellschaften, die wenig Flächenraum einnehmen, zu Zeichen greifen. Auch wo Verschiedenheiten in Mischungen dargestellt werden sollen, müssen natürlich Zeichen verwendet werden. Die Zeichen sollen möglichst klein sein, damit sie das Kartenbild nicht stören (man vergleiche die Punkte auf der Karte vom Ofen- und der vom Berninagebiet).

Bei der Auswahl der Zeichen wurde gewöhnlich so verfahren, daß man eine kleinere Anzahl Zeichen, Punkte, Ringe, Kreuze usw. nahm, die dann je nach der Farbe, in der sie gedruckt wurden, eine andere Pflanze bedeuten, welche die betreffende Pflanzengesellschaft dominiert oder so charakterisiert, daß man sie auf der Karte speziell anzugeben wünschte. Wenn man nun die einen blaugrün, die andern z. B. frischgrün oder gelbgrün drucken

möchte, so unterscheiden sich die Farbflächen sehr gut, bei den Zeichen ist dies nicht der Fall, diese würden leicht verwechselt. Es erscheint uns daher besser, lauter verschiedene Zeichen anzuwenden, dann stellt jedes Zeichen immer dieselbe Pflanze dar, prägt sich dem Gedächtnis leichter ein und macht von der Farbe unabhängiger. Letzteres kann man auch noch so verwerten, daß man alle Zeichen schwarz druckt und dadurch eine Reihe Steinplatten einspart, ohne an Deutlichkeit einzubüßen. In Schwarz müssen die Zeichen fein gestochen sein, Größe etwa 1 mm, um nicht plump zu wirken. Macht man sie farbig, so könnten sie dicker gehalten sein, aber allgemeiner verwertbar sind sie, wenn man sie so fein stechen läßt, daß sie sowohl in schwarz als in einem dann ziemlich dunkel gehaltenen Farbton gedruckt werden können. Dazu dürfen natürlich nur einfache Zeichen gewählt werden, was man immer wieder in Betracht ziehen muß, da man auf der Suche nach Zeichen, die der Natur angepaßt sind, leicht auf zu komplizierte und daher unpraktische Gebilde verfällt.

Mit Vorteil sind auch schon Buchstaben zur Gesellschaftsbezeichnung auf Karten verwandt worden und zwar in zweierlei Weise:

a) Zur Unterstützung der Farbe. Wo die Farben stark durcheinander gehen und vielleicht durch Kontrastwirkung dem Auge nicht immer bequem nach Ton und Stärke erkennbar sind, ist es angenehm, durch Buchstaben oder Zahlen unterstützt zu werden. Diese dürfen aber in keiner Weise mit den Buchstaben der topographischen Karte zu Verwechslungen führen. Sie müssen in einer von diesen möglichst verschiedenen Schriftart gedruckt sein, oder noch besser zugleich in einer ganz anderen Farbe. Auf den englischen Karten wirken sie ganz gut, sowohl dort, wo sie rot sind (Perthshire, Yorkshire usw.), als auch sogar, wo sie schwarz sind (Peak district). In topographisch stärker belasteten Karten wirken sie nicht so günstig.

b) Zu weiterer Einteilung der Pflanzengesellschaften. Innerhalb der mit Flächenton bemalten Formationsgruppe können die einzelnen Formationen durch Buchstaben angegeben werden; ebenso in einer mit Flächenton bemalten Formation die einzelnen Assoziationen. Drude (a. a. O.) führt diese Methode auf seinen sächsischen Blättern (vergleiche Weinböhla, Tschirnsteine, Altenberg) mit Vorteil durch. Diese weisen aber auch ein einfaches topographisches Kartenbild auf; ob die Buchstaben im kom-

plizierten Alpenkartenbild auch noch so gut wirken würden, ist ungewiß.

Von finanzieller Bedeutung ist auch noch, daß man die Farben so wählt, daß möglichst wenige Farbplatten benötigt werden. Dabei soll aber die Deutlichkeit und Natürlichkeit nicht verloren gehen. Eine gekünstelte Kombination von übereinander gedruckten Farben kann oft die Farbplatten vermindern, wobei aber, abgesehen von den dann meist zu dunkeln Farbtönen, auch die Arbeit des Steinzeichners zunimmt durch mehrmalige Zeichenführung auf demselben Kartenfleck, was unter Umständen teurer zu stehen kommt als eine Farbplatte mehr.

Zusammenfassung der allgemeinen Gesichtspunkte

Aus dem eben Erörterten lassen sich folgende Leitsätze zusammenfassen für die Anlegung von Vegetationskarten:

1. Von vorhandenen Kartengrundlagen eignen sich klare Kurvenkarten vorzüglich.
2. Die Karte darf nicht überladen sein, sie soll sich auf das Soziologische beschränken. Man verweise floristische, edaphische und klimatische Darstellungen auf eigene Karten, event. auf durchscheinende Auflegekarten.
3. Die vorzuschreibenden Normalien sollen sich auf das allgemein Wichtige beschränken, die Signaturen auf die gesellschaftlich wichtigen Typen.
4. Was die topographische Karte schon gibt, soll mitverwertet werden.
5. Die Karte soll, wenn nichts anderes bemerkt ist, den gegenwärtigen Zustand der Vegetation darstellen (Wiesen und Kulturen wechseln auf demselben Boden).
6. Die Farbengebung soll sich soweit möglich der Natur anpassen.
7. Das Kartenbild soll möglichst wenig gestört werden, darum sollen für die Flächentöne nur leichte Farben verwandt werden.
8. Es soll möglichst Anlehnung an schon vorhandenes Gutes genommen werden.
9. Für ausgedehnte Gesellschaften sollen Flächentöne verwandt werden, event. mit Zeichen, für weniger Kartenraum einnehmende Gesellschaften Zeichen.

10. Die Zeichen sollen möglichst alle verschieden sein voneinander, nicht dasselbe in mehreren Farben wiederkehren.
11. Die Zeichen sollen sich, soweit möglich, der Natur des Dargestellten anpassen.
12. Zu weiterer Einteilung der Pflanzengesellschaften können leichtfaßliche Buchstabenkombinationen verwandt werden.

262. Zeichenvorschläge

Was die Zeichen anbetrifft, so hat sich die Schweizerische Pflanzengeographische Kommission auf eine Liste geeinigt, die den Ansprüchen gerecht werden dürfte. Die Liste ist durch eine Auswahl unter sehr vielen Vorschlägen hervorgegangen, durch reifliches Abwägen bei jedem Zeichen. Die Zeichen sind so gewählt, daß sie sich möglichst der Natur anpassen und sich daher rasch und leicht dem Gedächtnis einprägen werden, aber doch einfach sind. Diese Notwendigkeit muß immer wieder betont werden. Der Fichtenwald erhält die Spitzbaumform, die für eine Rottanne in bildlicher Darstellung ja allgemein gebraucht wird. Der abgewölbten Krone der Weißtanne entsprechend erhielt das Zeichen des Weißtannenwaldes auf dem Stammstrich einen Bogen, der nach oben offen ist. Der Arvenwald, dem die stolzen, unten und oben meist fast gleich breiten, walzenförmigen Arven ein so eigenartiges Gepräge geben, soll durch eine aufrechte Walze, die oben abgerundet geschlossen ist, dargestellt werden. Im Gegensatz dazu zeichnet sich die Lärche durch ausladenden, stockwerkartigen Ästebau aus, der durch ein Lärchenwaldzeichen von Stamm mit zwei Aststockwerken gut angedeutet sein dürfte. Der schirmförmige Wuchs der Waldföhre läßt es als gegeben erscheinen, das Schirmzeichen für den Föhrenwald zu wählen. Das aufsteigende Gebüsch der Legföhren (*Pinus montana* Mill. var. *prostrata* Tubeuf) und Grünerlen, *Alnus viridis* Lam. et DC., pflegte man bisher durch den ausdrucksvollen kleinen Bogen zu bezeichnen, in Nadelholzfarbe das eine, in Laubholzfarbe das andere. Will man eine Zeichenfarbe verwenden können, so muß eines dieser Zeichen eine Abänderung erfahren. Für das Gedächtnis erleichternd wirkt es, den Schirm, der schon auf den Stammstrich der *Pinus silvestris* gezeichnet wurde, überhaupt als föhrenandeutend zu verwenden und auf das eine Ende des Bogens zu legen. Daß *Pinus montana* nie gewölbte Gipfel trägt, darf uns nicht stören, wir wollen ja

nicht eine naturgetreue Zeichnung der Pflanze, sondern ein leicht unterscheidbares und einprägbares Zeichen. Da dürfte es genügen, im Bogen den Wuchs anzudeuten und im Schirm die Zugehörigkeit zu *Pinus*. Dabei besteht noch der Vorteil, daß der Wald aufrechter Bergföhren (*Pinus montana* Mill. var. *arborea* Tubeuf), der von großem geobotanischem Interesse ist und ein eigenes Zeichen verlangt, sehr leicht dargestellt werden kann durch Verlängerung eines Schenkels des Bogens. Dies einfache Zeichen erinnert dann im Bogen an die Spezies, in der Verlängerung an den Hochstamm und im Schirm an die Gattungszugehörigkeit. Damit dürften die tonangebenden Nadelwälder erschöpft sein, doch bietet Taxus, die hie und da fast waldartig zusammentreten kann und besonders in England Wälder bildet, ein Interesse, das ein eigenes allgemeines Zeichen rechtfertigt. Es wurde ein Dreieck gewählt.

Der Buchenwald ist für die Schweiz, vielleicht überhaupt für Europa der bedeutendste Laubwald. Er erhält das allgemeine Baumzeichen der runden Krone mit Stammstrich. Für den Eichenwald eignet sich die Eichel als Zeichen sehr gut. Will jemand dann bei speziellen Eichenwaldstudien noch *Quercus sessiliflora* ausdrücklich hervorheben, so kann dies durch ein sitzendes Strichlein an der Eichel leicht geschehen, doch soll dieser Spezialfall nicht in die allgemeine Vorschrift aufgenommen werden, ebensowenig wie ein für *Fraxinus* vielleicht günstiges F-artiges Zeichen. Hingegen die Kastanienselve bedarf eines Zeichens. Wir können uns hier ohne weiteres dem eidgenössischen topographischen Bureau anschließen, das auf den neuen Karten des Mendrisiotto und von Bellinzona die großen Kastanien mit einem schraffierten Kreis angibt. Von den Ahornen tritt nur *pseudoplatanus* hie und da waldbildend auf, so kann dieser Wald durch die charakteristische Flügelfrucht angedeutet werden, doch ist das Zeichen fast zu kompliziert und wird in der Ausführung zu groß. Die Bezeichnung anderer Ahorne gehört in floristische Karten und nicht hierher. Es läßt sich fragen, ob der Birkenwald in der Schweiz so bedeutend ist, um ein eigenes Zeichen beanspruchen zu können, auf jeden Fall ist er es anderwärts und verdient daher Berücksichtigung. Das Zeichen der hängenden Krone dürfte gut sein. Das Grünerlengebüsch wurde schon früher sehr gut dargestellt durch einen kleinen Bogen. Durch Hochziehen eines Schenkels läßt sich leicht ein Wald großer Erlen, ein Auenwald darstellen. Das

häufige Haselnußgebüsch kann durch die Frucht allein, die etwa einem Kreislein entsprechen würde, nicht dargestellt werden, da das Kreislein als häufiges topographisches Zeichen vorkommt, das für uns nicht mehr frei ist. Aber die Andeutung der grünen blättrigen Hülle, die sich dicht an die Frucht drückt, durch zwei kleine Striche ergeben ein günstiges Zeichen. Die Weidengebüsche werden durch die S-Form dargestellt.

Was die in den Alpen so häufige Zwergstrauchformation anbetrifft, so dürfte sie in den meisten Fällen durch einen Flächenton veranschaulicht werden ohne Verwendung spezieller Zeichen. Es gibt aber eine Reihe interessanter Fragen über den Wechsel des Vorherrschens gewisser Zwergsträucher, über die Korrelation von Baumgrenze und Alpenrosengrenze, über Krüppelgrenze und Zwergstrauchgrenze, die es wünschenswert erscheinen lassen, daß doch allgemein angenommene Zeichen für einzelne Assoziationen von Zwergsträuchern vorhanden seien. Scharen von kurzen Strichen stelle das Rhododendretum dar, ein liegender Zickzack den liegenden Zwergwacholder, zwei aufsteigende, im spitzen Winkel sich trennende Zweiglein das Heidelbeergebüsch; in der Südschweiz und westlichen Ländern wird noch ein Dreirutenzeichen für Sarothamnusgebüsch von Vorteil sein. Die Callunaheide mag aufsteigende Zweige erhalten durch weiten runden Bogen mit Mittelstrich.

Die Wiesen werden wohl allgemein in Flächentönen darzustellen sein mit einigen Ausnahmen. Hochstaudenwiesen nehmen immer nur kleinere Plätze ein, die nicht als Fläche gemalt werden können, ein Schirmblütlerzeichen, angedeutet durch Stiel, zwei Seitenblattstriche und breiten Kopf, dürfte gut wirken. Für das Hochmoor finden wir schon in vielen topographischen Karten ein gutes Zeichen, die Bülte, angedeutet durch Bodenstrich und (etwa 5) Rundung darstellende Strahlen. Es bleiben noch einige Wasserwiesen zu besprechen. Für das Röhricht wurde das schon oft in Profilen verwendete kleine Typhazeichen gewählt, ein Stengel mit zwei seitlichen Blattstrichen und dickem länglichem Kopf, der auch trotz der Kleinheit des Zeichens so deutlich sein muß, daß er sich wesentlich vom breiten Kopf der Hochstauden unterscheidet. Schaut man ins Wasser eines Seeleins, so sieht man die Stengel der Potamogetonen durcheinanderfluten: mehrere gewellte Linien geben den Bestand gut wieder. Fast kreisrunde Blätter und Blüten schwimmen an der Wasseroberfläche, jedes am Ende eines herumflutenden Stengels, so zeigt sich der Seerosenstand und läßt sich auch so gut wiedergeben.

Damit dürften die hauptsächlichsten, allgemein in Betracht kommenden Gesellschaften, die Zeichendarstellung verlangen, angedeutet sein. Jedes Spezialgebiet wird wahrscheinlich dem einzelnen Bearbeiter noch Spezialwünsche eingeben, die sollen ihm überlassen bleiben. Es sei ausdrücklich betont, daß der Einzelne sich nicht scheuen soll, für sein spezielles Gebiet als durchaus notwendig empfundene Zeichen frisch und frei zu erfinden und zu verwenden. Für den Jura liegt etwa das Bedürfnis für ein Buchsgebüsch vor, wir hatten die Form des ovalen Buchsblattes gewählt, doch wirkt es schlecht als Unterwuchs im Eichenwald, dessen Eichelzeichen auch eine ähnliche ovale Form trägt. Ich glaube, es sei besser, dieses Zeichen für die Allgemeinvorschrift fallen zu lassen.

Wer sich schon selber damit beschäftigt hat, weiß, daß es recht schwierig ist, die Zeichen jeweilen klein genug, fein genug und deutlich genug herauszubekommen.

Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, habe ich Stempel ausgedacht und schneiden lassen. Diese Stempel bestehen in Form und Material aus typographischen Lettern. Neben diesen Stempeln braucht man nur ein gewöhnliches Stempelkissen, das schwarz getränkt ist. Will man die Zeichen in anderer Farbe auf der Karte haben, so kann man natürlich einfach das Stempelkissen mit dieser anderen Farbe tränken.

Das kleine Schriftsatzstempelchen läßt sich recht bequem in der Hand halten und auf der Karte an den genauen Punkten hintupfen. So werden alle Zeichen auf der Karte gleich groß, resp. gleich klein und fein.

Die Zeichenstempel haben den weitern Vorteil, daß man sie auch im gedruckten Text verwenden kann. Sie haben Form und Größe der gewöhnlichsten Schriftarten, so daß man sie dem Drucker direkt übergeben kann, der sie im Text überall einschalten kann.

Ich habe mir von allen 26 von der Schweizerischen Pflanzengeographischen Kommission obligatorisch erklärten Vegetationszeichen Matrizen schneiden und eine Anzahl Lettern gießen lassen. Sodann habe ich noch sechs weitere Zeichen erstellen lassen, ich möchte sie fakultative nennen, da sie von der S. P. K. nicht vorgeschrieben sind, weil die Kommission ja darauf hielt, nur die für die Schweiz allgemeinsten vorzuschreiben und Freiheit zu lassen in bezug auf weitere Zeichen, die sich für ein bestimmtes kleineres Gebiet als notwendig erweisen könnten.

Folgende sind die Zeichen:

A. Obligatorische Zeichen

1. ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ Wald von *Picea excelsa*
2. Y Y Y Y Y „ „ *Abies pectinata*
3. ∩ ∩ ∩ ∩ ∩ „ „ *Pinus cembra*
4. ‡ ‡ ‡ ‡ ‡ „ „ *Larix decidua*
5. T T T T T „ „ *Pinus silvestris*
6. J J J J J „ „ *Pinus montana arborea*
7. ʊ ʊ ʊ ʊ ʊ Gebüsch von *Pinus montana prostrata*
8. ▵ ▵ ▵ ▵ ▵ Wald von *Taxus baccata*
11. ? ? ? ? ? „ „ *Fagus silvatica*
12. ⍝ ⍝ ⍝ ⍝ ⍝ „ „ *Quercus* allgemein
14. ● ● ● ● ● „ „ *Castanea sativa*
17. ∞ ∞ ∞ „ „ *Acer pseudoplatanus*
18. ⍕ ⍕ ⍕ ⍕ ⍕ „ oder Gebüsch von *Betula* allgemein
20. J J J J J Wald von *Alnus incana*
21. u u u u u Gebüsch von *Alnus viridis*
22. ∀ ∀ ∀ „ „ *Corylus avellana*
23. s s s s s „ „ *Salices*
31. ≡ ≡ ≡ Zwerggesträuch von *Rhododendron*
32. ⊥ ⊥ ⊥ „ von *Juniperus nana*
33. V V V V V „ „ *Vaccinium myrtillus*
34. ⊍ ⊍ ⊍ ⊍ ⊍ „ „ *Calluna vulgaris*
41. ⸸ ⸸ ⸸ ⸸ ⸸ Hochstaudenwiesen
42. ⩩ ⩩ ⩩ Hochmoor
43. ✝ ✝ ✝ ✝ ✝ Rohrsumpf
44. ϰ ϰ ϰ *Nymphaeetum*
45. ϰ ϰ ϰ *Potamogetonetum*

B. Fakultative Zeichen

9. ¤ ¤ ¤ ¤ ¤ Gebüsch von *Ilex aquifolium*
13. ⍝ ⍝ ⍝ ⍝ ⍝ Wald von *Quercus sessiliflora*
15. ⸸ ⸸ ⸸ ⸸ ⸸ „ „ *Fraxinus excelsior*
16. T T T T T Wald von *Tilia spec.*
19. ⍕ ⍕ ⍕ ⍕ ⍕ „ „ *Betula pubescens*
35. ⋎ ⋎ ⋎ Zwerggesträuch von *Sarothamnus scoparius*

Die Ziffern bei den Zeichen geben die Fabriknummer an, die bei Bestellungen beizufügen ist. Um diese Stempelchen allen Interessenten zugänglich zu machen, habe ich sie unter dem Namen „Rübels Vegetationszeichenstempel" der Firma Ad. Hörler, Plattenstraße 20, Zürich 7, zum Verkauf in Kommission gegeben, wo das Stück zu 20 Cts. oder die Serie der 26 obligatorischen Zeichen zu Fr. 4,—, die ganze Serie der 32 Stück zu Fr. 5,— erhalten werden können.

Zu diesen Zeichenstempeln muß nun ausdrücklich bemerkt werden, daß der Matrizenschneider natürlich kein Botaniker ist, und trotz eingehender Vorschriften kein botanisches Gefühl beim Schneiden entwickelt. Ein nachträgliches Korrigieren ist aber nicht mehr möglich. Daher kommt es, daß, trotzdem alle Zeichen 1—1½ mm hoch sind, doch die einen zu klein, die andern zu groß

erscheinen. Gibt man das Kartenoriginal dem Kartenstecher, so ist dieser wiederum kein Botaniker und wird beim Kopieren auf den Stein diese fürs Botanikerauge störenden, wenn auch in Längemaß minimen, ungünstigen Maßunterschiede meist eher vergrößern als verkleinern. So erscheinen die Zeichen für kleine Gebüsche meist größer als die für wuchtigen Hochwald. Das Fichten- und das Buchenzeichen lassen sich leicht klein und elegant stechen, geraten darum eher kleiner als Zeichen für Gebüsch. Man muß beim Druck das Augenmerk darauf richten. Es ist dies zwar wiederum nicht leicht, da der Autor selten gerade neben dem Stecher beim Beginn der Arbeit wird stehen können. Nachher ist schwer abzuhelfen.

Was unsere Zeichenstempel anbetrifft, sei darauf hingewiesen, daß Fichte und Buche eher klein wirken, daß dagegen *Corylus*, *Rhododendron*, *Vaccinium*, auch noch etwa *Tilia* und *Sarothamnus* zu groß wirken. Es läßt sich dem einigermaßen abhelfen, indem man schon von vornherein an den Stempelchen, die man zur Herstellung des Originals benutzt, diese Zeichen etwas stutzt. Bei *Vaccinium* und *Corylus* genügt es, je die beiden Schenkel zu stutzen, bei *Rhododendron* wird man einen der drei Striche ganz abkratzen und die beiden andern etwas kürzen. Trotz der Härte des Schriftgußmetalles läßt sich dies mit dem Taschenmesser ohne weiteres ausführen.

Seither hat sich der Vorstand der British Ecological Society ebenfalls mit der Zeichenfestlegung beschäftigt und macht dessen Kommission empfehlenswerte Zeichenvorschläge für Schwarzweißkartierungen[1]).

263. Farbenvorschläge

(siehe Fig. 70)

Die Verteilung der Farben hat die Kommission an Hand vorhandener Karten, durch Mal- und Druckproben eingehend geprüft, aber sich noch nicht für Einzelheiten festgelegt. Es bieten sich eine ganze Reihe von Schwierigkeiten. Allen Wünschen kann man nicht gerecht werden, so muß man einen optimalen Mittelweg suchen. Sehr wünschenswert ist es, für jede Formationsgruppe eine eigene Farbe zu besitzen, wie sie die Geologen für die Systeme

---

[1]) E. J. Salisbury, A draft scheme for the representation of British vegetation in black and white. Journ. of Ecology, 8, 1920, S. 60—61.

(z. B. Carbon, Trias, Jura usw.) haben. Innerhalb der Gruppe kann dann die Farbe in verschiedenen Intensitäten angewendet und mit Zeichen in Verbindung gebracht werden. Wir brauchen also für jede Gruppe eine Farbserie, wobei unter Serie der Vollton, Halbton, Viertelton und ähnliches derselben Farbe verstanden ist. Für die Nadelwaldgruppe in ihrer dunkeln, blaugrünen Pracht ergab sich ohne weiteres die blaugrüne Farbe. Sind nun aber daneben noch zwei grüne Serien möglich, wie es wünschenswert wäre für die Laubwälder und die immergrünen Wiesen? Um diese Schwierigkeit zu umgehen, ist vorgeschlagen worden, die Laubwälder nach ihrem Herbstkleid rot anzugeben. Aber der frischgrüne Laubwald als rote Fläche auf der Karte befriedigt doch nicht. Andere Vorschläge gingen dahin, das Grün den Laubwäldern zu belassen und dafür die immergrünen Wiesen gelb zu malen. Gelb ist aber für trockene Gesellschaften schon so eingebürgert, daß diese andere Benutzung womöglich vermieden werden sollte. Neue Farbproben haben nun Drucke geliefert, auf denen drei grüne Farbserien sehr gut nebeneinander wirken, so daß man also z. B. die Fettwiesen in Gelbgrün-Vollton halten kann, die Magermatten in Gelbgrün-Halbton.

Will man für die Fettwiesen im Gelbgrün-Vollton eine für das betreffende Gebiet überragende Assoziation durch Flächenbemalung hervorheben, so kann z. B. das Nardetum den Gelbgrün-Halbton erhalten. Ebenso bei den Wäldern: Ist in einem einfach gebauten Gebiet von Laubwäldern — diese erhalten frischgrüne Fläche — bestandbildend nur Buchenwald und Erlenwald vorhanden, so wird man den Buchenwald in Frischgrün-Vollton und den Erlenwald in Frischgrün-Halbton malen. Will man gerne die Beimischung anderer wichtiger Arten festlegen, so greift man zu den Zeichen und trägt Eichenzeichen, Ahornzeichen in den Buchen-Vollton ein oder in den Erlen-Halbton einzelne Birkenzeichen, Buchenzeichen usw.

Man kann aber noch anders verfahren; für den ganzen Laubwald nur Frischgrün-Vollton benutzen und die Unterteilung ganz durch Zeichen bewerkstelligen: also an einem Ort eine Masse Buchenzeichen anbringen, dazwischen einige eingesprengte Ahornzeichen, Eichenzeichen usw. Diese Beispiele kann man natürlich vermehren so viel man will.

Die prachtvolle Hagersche Vorderrheinkarte verwendet die drei Grün sehr vorteilhaft nebeneinander für Nadelwälder, Grünerlen-

bestände und Fettwiesen. Die Walenseekarte von Roth bietet fünf Grün in drei Serien ganz vorzüglich. Für das Blaugrün zeigt die Hagersche Karte die Nummer 341 der bekannten Farbskala „CC", des Code des Couleurs von Klincksieck und Valette[1]). Man könnte diesen Ton noch gut bis zu deren 353 D oder 378 C nuancieren. Für die Laubwälder wäre die frischgrüne Farbe CC 301—325 zu verwenden, die Stärke des Tones kann 311 und 321 oder 303 C annehmen (Hagersche Stärke ist 311; 321 enthält davon den vierten Teil an Farbstoff, 303 C eine Weißbeimengung). Für die Wiesen läßt sich ein schönes Gelbgrün gebrauchen, das sich sehr deutlich von dem frischgrünen Laubwaldton abhebt. Es ist dies Gelbgrün 261 des CC, noch etwas kontrastreicher als das auf der Vorderrheinkarte verwandte 291.

Innerhalb der Farbe sollen Unterschiede durch Stärkedifferenzen erzeugt werden. Vollton und Halbton ergeben gute Resultate. Ob noch weitere Teilung durch feinere Strichelung und Punktdruck möglich ist, scheint nach den vorhandenen Druckproben wenig wahrscheinlich, wenn es nicht auf Kosten der Leserlichkeit der Karte gehen soll. Ein Unterschied von senkrechter Streifung, wagerechter oder schräger Streifung ist nur deutlich sichtbar, wenn die Streifen so grob gemacht werden, daß sie das Kartenbild stören. Es können also nicht gut, wie zuerst beabsichtigt, vielerlei Flächen wie z. B. Vollton Fichtenwald, Doppelton Weißtannenwald, wagerecht schraffiert Föhrenwald, gekreuzt schraffiert Lärchenwald, schräg schraffiert Arvenwald nebeneinander gebraucht werden, sondern nur zwei bis drei Töne, die übrigen Formationen werden durch die Zeichen darauf vermerkt, wie es die Rothsche Karte mit Vorteil tut, die überhaupt die erste Karte ist, die vollständig nach den Kommissionsvorschlägen ausgeführt ist.

Die trockenen Gesellschaften wie die Walliser Halden der *Stipa* und der *Festuca vallesiaca* erhalten den gelben Steppenwiesenton, 191 des CC. Kulturen wie Getreidefelder, Hackfrüchte, Reben werden mit Vorteil orange, Nr. 141, angegeben. Sie haben oft eine Trockenlage, die eine Verwandtschaft zu den „gelben" Gesellschaften erkennen läßt, andere wie das reife Getreide tragen in der Natur selber einen Goldton. Wie schon auf vielen Karten dargestellt,

[1]) Klincksieck et Th. Valette, Code des Couleurs à l'usage des naturalistes, artistes, commerçants et industriels. 720 échantillons de couleurs classés d'après la methode Chevreul simplifiée. Paris 1908.

eignet sich für das Zwerggesträuch die karminrote Farbe (Nr. 21). Es ist die Farbe der Alpenrosen (aufgehellt); auch *Calluna* und die Vaccinien, *Arctostaphylos*, *Loiseleuria*, die damit hauptsächlich dargestellt werden sollen, haben Blüten, die alle an dieses Rosa erinnern. Für Hochmoor ist violett (Nr. 511—521) vorgesehen. Dies hat sich schon auf mehreren Karten bewährt. Für die Sumpfwiesen sind wir durch die Topographie versorgt durch das schon dort verwendete Flußblau. Es bleibt noch Fels und Geröll, das aber von der topographischen Karte so deutlich angegeben wird, daß kein anderer Farbton dafür notwendig ist.

Damit sind die Farben in großen Zügen bestimmt, soweit es zurzeit möglich ist. Eine definitive Festlegung im einzelnen hängt noch von verschiedenen unabgeschlossenen Fragen ab. Jedes Spezialgebiet wird noch diese oder jene Besonderheit bieten, die der Bearbeiter darzustellen wünscht. Dafür ist es notwendig, immer noch Farben in Reserve zu haben; es sind dies hier braun und scharlach.

264. Unterschied zwischen dem Bemalen des Originals und dem Drucken

Die Farbenwirkungen der handgemalten Karte und der gedruckten sind ganz verschieden. Man muß daher schon beim Original daran denken, wie diese und jene Kombination nachher wirkt, wenn sie gedruckt ist. Vor allem kann die feine Nuancierung, die durch Rasterdruck in die Farben gebracht wird, auf der Originalkarte nicht erzeugt werden und führt den Anfänger oft zum Ausspruch: Das hebt sich nicht gut ab, ich muß andere Farbenkombinationen suchen. Die Unkenntnis der Druckwirkung verleitet sehr leicht zur Abneigung gegen ausgeprobte Druck-Farbserien und zu dem Wunsch, andere eigene Kontrastfarben anzuwenden.

Farbserien derselben Farbe können durch verschiedene Rasterwirkungen erzielt werden; es können Rasterlinien nur in einer Richtung laufen oder kreuzweise. Die Linien können die Farbe erhalten oder die Zwischenräume, was beim Kreuzraster den Unterschied bedingt, daß die durch Kreuzlinien erzeugten Punkte — diese Punkte sind eigentlich das Innere von kleinen Quadraten — ausgesparte Weißpunkte oder übriggebliebene Farbpunkte sind. Man kann die Raster verschieden fein wählen, ein grobes Raster erzeugt Farbengitter, die als gewürfelt wirken, ein feines Raster

erzeugt den Eindruck eines schön gleichmäßig hellen Flächentones. Ist die Farblinie breit, die farblose Zwischenlinie schmal, so weicht die erzielte Nuance nicht stark vom Vollton ab, ist dagegen die Farblinie schmal, so wirkt die neue Fläche als ganz bedeutend heller als der Vollton, vielleicht als Viertels- oder Achtelston. Man nütze diese Vorteile der Drucktechnik aus und unterschätze also nicht die Möglichkeiten der modernen Kartographie. Allerdings darf man sie auch nicht überschätzen oder vielmehr wir dürfen das menschliche Auge nicht überschätzen. Enthält eine Karte nicht größere Flächen, sondern viele ganz kleine Stückchen, so dürfen nicht zu ähnliche Nuancen gewählt werden, da das Auge Unterschiede, die ihm bei großen Flächen klar und deutlich sind, bei kleinen Fetzchen nicht mehr gut unterscheidet.

Wie gut wirken auf der Walenseekarte z. B. die vier Grün, die in großen Flächen vorhanden sind. Der Auenwald dagegen, der nur in wenigen kleinen Flecken auf der Karte vorkommt, ist schon schwerer zu erkennen; wäre diese fünfte Grünnuance in großer Fläche vorhanden, so würde auch sie noch vorzüglich wirken. Umgekehrt würden die prächtig kontrastierenden Megermatten in kleinen Streifchen angewandt nicht besser aussehen als jetzt die Auenwälder.

265. Ausführung des Druckes

Die Originalkarte muß möglichst klar sein, die Farbengrenzen leicht zu erkennen, die Farben leicht voneinander zu unterscheiden. Dagegen ist es nicht notwendig, daß die gemalten Farbentöne den für den Druck gewünschten genau entsprechen. Im Gegenteil, da man meist nicht so leicht die feinen Nuancen trifft, wie sie nachher im Druck in voller Gleichmäßigkeit erscheinen, ist es besser, genügend kontrastierende fürs Manuskript zu wählen, um dem Stecher die Arbeit zu erleichtern und mühselige Korrekturen zu vermeiden. In der Legende kann man neben dem Manuskriptfarbenton den Ton angeben, den man im Druck wünscht oder dazu schreiben: Halbton von Ton so und so usw. Man kann auch die Farbnummer eines Farbenskalenwerkes angeben, wenn man sicher ist, daß die Kartenfirma dasselbe Werk auch besitzt. Dies ist dann natürlich das beste und einfachste.

Es ist empfehlenswert, von jeder Farbe einen eigenen Korrekturabzug machen zu lassen; man überblickt etwaige Fehler viel leichter.

Es bereitet dies der Druckfirma gar keine besondere Mühe, im Gegenteil. Man erhält dann also so viele Korrekturabzüge, als Farbplatten benutzt werden.

Ein etwas anderes Vorgehen, das auch seine Vorteile hat, besonders bei komplizierten Grenzen, ist dies, daß man erst eine Farbengrenzplatte herstellen läßt und diese korrigiert und darauf angibt, welche Felder mit derselben Farbe nun gefüllt werden sollen. Beim Fertigdruck der Karte läßt man dann die Grenzenplatte wieder weg, denn solche schwarze Grenzlinien wirken störend, sind in der Vegetation nicht bedingt und drucktechnisch durchaus unnötig.

Da der Stecher möglichst genau das Original kopiert, mache man ihn rechtzeitig mit etwaigen Wünschen bekannt. Man wünscht z. B. bei der Zeichenplatte, daß gewisse Zeichen eher kleiner gestochen werden, als sie im Original geraten sind, andere eher größer; das teile man mündlich oder schriftlich mit. Denn das steht fest, daß einem nie alle Zeichen im Original genau so ausfallen, wie man sie haben möchte. An den Vegetationszeichen, die ich habe herstellen lassen, hätte ich an der Ausführung des Schriftstempelschneiders bei manchem Zeichen noch Wünsche anzubringen gehabt, was bei der Herstellung in der Schriftgießerei nicht möglich war. Das kann man nun aber dem Stecher angeben. Z. B. sind die Zeichen der wichtigen Buchen- und Fichtenwälder sehr zierlich ausgefallen, dagegen die Zeichen der kleinen Sträuchlein zu groß: das Vacciniumzeichen soll kleiner, feiner ausgeführt werden, ebenso Haselnuß usw.; dagegen darf das Ringlein, das die Buchenkrone darstellt, wohl etwas behäbiger breiter gestaltet werden.

Die Legende muß unbedingt bei der ersten Korrektur ganz in Ordnung gebracht werden; dann wird sie auf den Stein übertragen; eine Revision auf dem Stein braucht unverhältnismäßig viel Arbeitszeit und Mühe des Stechers.

Kurz zusammengefaßt: Das Kartenmanuskript soll durchaus klar und fertig sein in der Linienführung und der Legende, zu Farben und Zeichen gebe man von Anfang an genügend Erklärungen für den Stecher und Farbendrucker.

Sehr zu empfehlen ist ein Besuch der Kartendruckanstalten, um sich mit der Technik der Prozesse bekannt zu machen, damit man selber weiß, was alles herauszubringen möglich ist.

266. Linientaxierung

Um rasch und doch möglichst genau ein Gebiet nach seinen Pflanzengesellschaften zu kartieren, hat Thore C. E. Fries[1]) eine Methode ausgearbeitet, die er synökologische Taxierungsmethode nennt (auch für andere Zwecke weitergebildet: siehe S. 216 und 251). Das Prinzip der Methode ist, daß man aus der Untersuchung längs bestimmter Linien im gegebenen Gebiet auf die Beschaffenheit des ganzen Gebietes schließen kann, wie aus einer genauen Kartierung hervorgehen würde, aber mit viel größerem Zeitaufwand.

Man zieht auf der topographischen Karte in gleichen Abständen Linien durch das zu untersuchende Gebiet, geht mit dem Meßband diesen Linien nach und notiert die Pflanzengesellschaften, die man trifft, indem man auf der Karte Eintritt in die Pflanzengesellschaft und Austritt aus derselben anzeichnet. Je nach dem Gebiet müssen die parallelen Linien näher oder weiter gelegt werden.

In gewissen Gegenden Schwedens genüge es, die Linien in Zwischenräumen von 300 m zu begehen. In gleichmäßigen Gebieten mag diese Methode von Vorteil sein, in den Alpen mit ihrem raschen Wechsel müßten die Linien so eng gelegt werden, daß eine regelrechte Kartierung eher weniger Zeit in Anspruch nähme. Die genaue Begehung der geraden Linien über alle Geländehindernisse wäre hier überhaupt unmöglich.

---

[1]) Thore C. E. Fries, Den synekologiska Linjetaxeringsmetoden. Meddelanden fran Abisko naturvetenskapliga Station, 2. Flora och Fauna 6. Vetenskapliga och praktiska Undersökningar i Lappland anordnade af Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag. Upsala 1919.

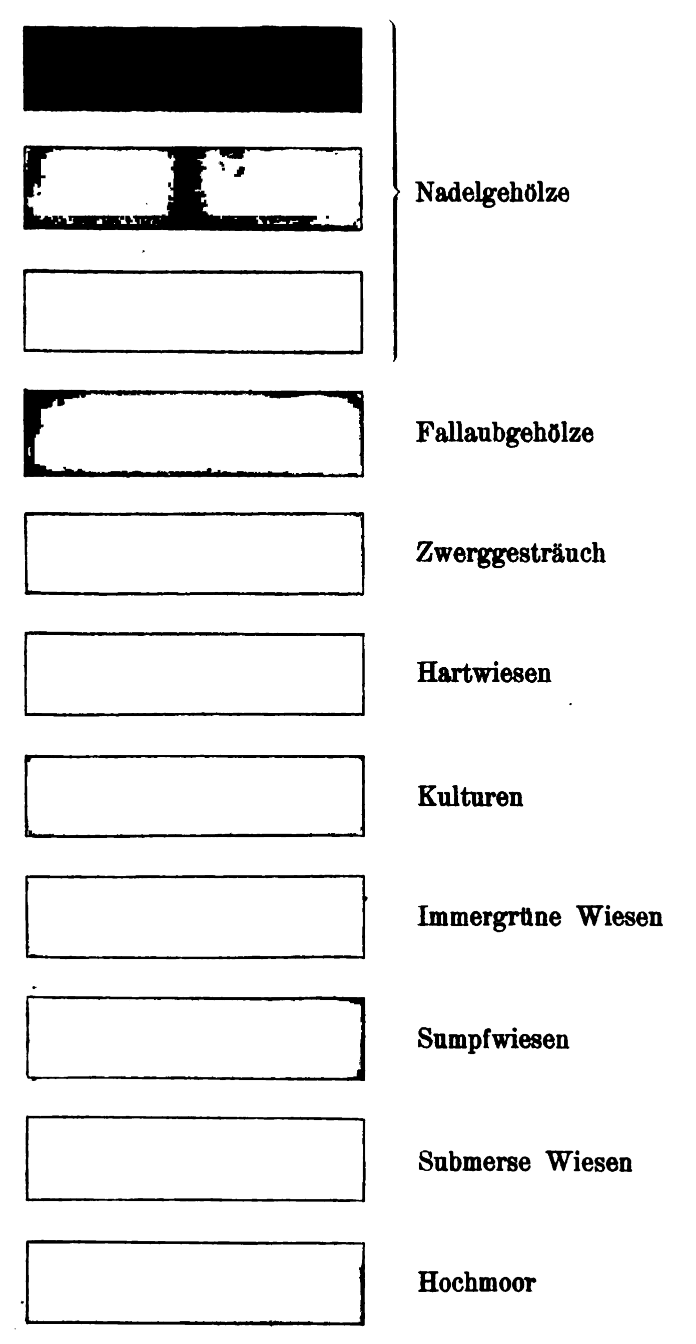


Fig. 70. Farbenvorschläge für Vegetationskarten

Verlag von Gebrüder Borntraeger in Berlin

